

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**SELETIVIDADE, HORMESE E REFRATARIEDADE COMPORTAMENTAL
DETERMINAM SURTOS DE ÁCARO-VERMELHO-DO-CAFEEIRO?**

Érick M. Góes Cordeiro
Magister Scientiae

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

ÉRICK MAURÍCIO GÓES CORDEIRO

**SELETIVIDADE, HORMESE E REFRATARIEDADE COMPORTAMENTAL
DETERMINAM SURTOS DE ÁCARO-VERMELHO-DO-CAFEEIRO?**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C794s
2011

Cordeiro, Érick Maurício Góes, 1983-
Seletividade, hormese e refratariedade comportamental
determinam surtos de ácaro-vermelho-do-cafeeiro? / Érick
Maurício Góes Cordeiro. – Viçosa, MG, 2011.
viii, 32f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 27-32

1. *Oligonychus ilicis*. 2. Ácaro-vermelho. 3. Café -
Doenças e pragas. 4. Resistência aos inseticidas. 5. Ácaro no
controle biológico de pragas. 6. *Oligonychus ilicis* - Controle.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

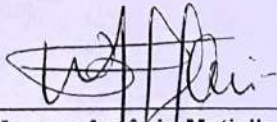
CDD 22. ed. 595.42

ÉRICK MAURÍCIO GÓES CORDEIRO

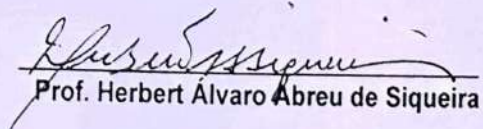
**SELETIVIDADE, HORMESE E REFRATARIEDADE COMPORTAMENTAL
DETERMINAM SURTOS DE ÁCARO-VERMELHO-DO-CAFEIEIRO?**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 28 de fevereiro de 2011



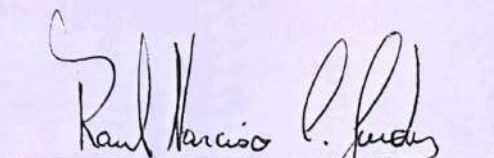
Prof. Marcos Antônio Matiello Fadini
(Co-orientador)



Prof. Herbert Álvaro Abreu de Siqueira



Prof. Eliseu José Pereira Guedes
(Co-orientador)



Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes
(Orientador)

*Aos meus pais, Élio e Maria do Carmo, por tudo;
Ao meu irmão Eduardo, pelo companheirismo;
À Kamila, pelo amor e carinho;
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Viçosa, ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, ao CNPq pela concessão da bolsa.

Ao professor Raul pela orientação amigável, enriquecedora durante todo o mestrado. Aos conselheiros Marcos Antônio Matiello Fadini e Eliseu José Guedes Pereira por terem me passado um pouco do que sabem atalhando o meu caminho até aqui. Ao professor Hérbert Álvaro Abreu de Siqueira pelos comentários e sugestões de grande valia para a melhoria deste trabalho. Ao professor Marcelo Picanço pelos conselhos, oportunidades e grande amizade.

À Danúbia e Isabela pela ajuda em todas as etapas de desenvolvimento experimental do projeto. Aos colegas de laboratório de Ecotoxicologia pela experiência única de aprendizado e convívio. Ao Hudson pela amizade que vou guardar para a vida e aos amigos Alberto, Jander e Julio pelas enriquecedoras discussões às quintas-feiras.

A todos aqueles que não foram citados, mas tiveram participação direta ou indireta no projeto.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	01
2. MATERIAL E MÉTODOS	04
2.1 Organismos e Pesticida	04
2.2 Bioensaios agudos de concentração-resposta	05
2.3 Bioensaios de tabela de fertilidade	05
2.4 Bioensaios comportamentais	07
2.5 Análises estatísticas	08
3. RESULTADOS	10
3.1 Bioensaios agudos de concentração-resposta	10
3.2 Bioensaios de tabela de fertilidade	12
3.3 Bioensaios comportamentais	19
4. DISCUSSÃO	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

RESUMO

CORDEIRO, Érick Maurício Góes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Seletividade, hormese e refratariedade comportamental determinam surtos de ácaro-vermelho-do-cafeeiro?** Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes. Co-orientadores: Marcos Antônio Matiello Fadini e Eliseu José Guedes Pereira.

O ácaro-vermelho-do-cafeeiro (*Oligonychus ilicis*) (Tetranychidae: Acari) é uma praga secundária em sistemas de cultivo de café. Entretanto, é frequente a observação de inseticidas que provocam aumento da abundância (além do que seria observado sem a aplicação do inseticida) dessa praga. Esse fenômeno é referido como erupção de pragas. A explicação mais comumente encontrada é que inimigos naturais são mais susceptíveis aos pesticidas e dessa maneira são reduzidos a níveis críticos após a aplicação. Contudo, outras causas como hormese e efeitos comportamentais são normalmente negligenciadas. Este estudo se propôs a investigar as possíveis causas responsáveis pelo fenômeno de erupção do ácaro-vermelho-do-cafeeiro, entre elas a seletividade, hormese e refratariedade comportamental induzida por pesticida. O índice de seletividade foi calculado por ensaio padrão concentração-resposta para *O. ilicis* e seu predador *Amblyseius herbiculus* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) expostos à deltametrina. Ensaios no formato de tabela de vida foram utilizados para estimar as taxas intrínsecas de crescimento populacional em reposta a concentrações do inseticida para as duas espécies. A população de *O. ilicis* foi também submetida a ensaio de caminhamento em superfície tratada e não-tratada com resíduo seco do inseticida para avaliação de

repostas comportamental. O bioensaio de mortalidade revelou maior tolerância da praga, cerca de 1,54 vezes. Nos ensaios demográficos a resposta foi contrária e apontam a espécie predadora como 3 vezes mais tolerante que sua praga. Nesse ensaio também foi possível a detecção de efeito de hormese para a população de praga, mas não para a de predadores. Os ensaios comportamentais sugerem não haver qualquer indício de resposta comportamental refratária ao inseticida. Os resultados deste estudo mostram que os resultados de ensaios de concentração-resposta não são bons preditores das respostas populacionais, e que o efeito de estímulo (hormese) do inseticida pode ter um papel preponderante na causa de surtos de praga.

ABSTRACT

CORDEIRO, Érick Maurício Góes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2011. **Selectivity, hormesis and avoidance behavior could explain *Oligonychus ilicis* secondary outbreaks?** Advisor: Raul Narciso Carvalho Guedes. Co-Advisors: Marco Antônio Matiello Fadini and Eliseu José Guedes Pereira.

The southern red mite (*Oligonychus ilicis*) (Tetranychidae: Acari) is a secondary pest with secondary status in coffee-farming systems. However, it is often observed that insecticides cause an increase of this pest, beyond what would be observed without the application of insecticide. This phenomenon is referred to as secondary outbreaks. The explanation most commonly found is that natural enemies are more susceptible to pesticides and thus are reduced to critical levels before the application. However, other causes such as hormesis, and avoidance responses are usually neglected. This study aims to investigate the possible causes responsible for the phenomenon of eruption of southern red mite, including selectivity and pesticide-induced hormesis and avoidance. The selectivity index was calculated by standard concentration-mortality assay for *O. ilicis* and its predator *Amblyseius herbiculus* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) for deltamethrin. A life table essay was used to estimate the intrinsic rates of population growth in response to different concentrations of insecticide for both species. The population of *O. ilicis* was also tested for walking on the treated and untreated dry surface with insecticide to detection of behavioral response. The bioassay concentration-mortality showed greater susceptibility

of the predator, about 1,54 times relative to the pest. In demographic essays the response was the opposite and point out the predator species being 3 times more tolerant than its prey. In this essay was also possible to detect the effect of hormesis for the population of *O. ilicis*, but not for *A. herbiculus*. The behavioral tests showed no evidence of behavioral response to the insecticide. The findings of this study not only show that the results of concentration-mortality tests are not good predictors of population responses, but also that the stimulatory effect of the insecticide may have a role in the outbreaks of the Souther red mite.

1. INTRODUÇÃO

A ideia de que inseticidas podem promover o aumento da abundância de espécies-praga tem intrigado pesquisadores há algumas décadas (Ripper 1956; Morse 1998). Apesar da importância desse problema, pouco esforço tem sido feito no sentido de esclarecer as causas do fenômeno de erupções de pragas secundárias. A baixa seletividade fisiológica é normalmente a explicação atribuída (Hardin et al. 1995). Alguns pesquisadores adotam posturas radicais sobre o tema e comparam o tratamento com inseticida a um tratamento quimioterápico com fortes efeitos colaterais. Denominações como “narcóticos ecológicos”, “esteira ecológica”, “síndrome de pesticida” emergiram a partir de idéias como essas, sugerindo semelhanças nas respostas entre inseticidas e drogas (Doutt & Smith 1971; DeBach & Rosen 1991). Apesar de estes termos terem caído em desuso, a idéia de que ocorre uma desestabilização na interação presa-predador mediada por um inseticida pouco seletivo ainda prevalece.

Os estudos de interação trófica concordam em apontar predadores específicos e parasitóides como os principais responsáveis na determinação de oscilações populacionais (Turchin 2003). Estes estudos somados à proposição do mecanismo de controle “*top-down*” (Hairston et al. 1960), tornaram a responsabilização de surtos à ação de inseticidas não seletivos um caminho natural. No entanto, mesmo ecossistemas simples, como os sistemas agrícolas, possuem complexidade maior do que muitas vezes reconhecemos e por isso é mais provável que o fenômeno de surto de pragas seja desencadeado por mais de um fator. Com isso em vista, hipóteses como hormese e refratariedade comportamental (por exemplo,

repelência) induzidos por pesticidas não podem ser descartadas das investigações sob pena de superestimação da importância de um único fator, normalmente baixa seletividade diferencial.

Hormese é o efeito estimulatório produzido por uma substância tóxica em baixas concentrações (Calabrese & Baldwin 2001; Calabrese 2004; Calabrese & Baldwin 2003). O conceito de hormese é antigo, no entanto, até hoje não é claro seu papel em níveis superiores de organização como população e comunidade. A inflação súbita em apenas um nível trófico em um curto intervalo de tempo, provocada pela resposta fisiológica induzida por inseticidas, irradiaria consequências (por exemplo, desequilíbrio competitivo, super exploração de recursos, extinção local de presas entre outras) para todas as direções a partir desse ponto na teia alimentar. Esse aumento do desempenho individual é dose-dependente e está mais relacionada às doses subletais em um tóxico. Este tipo de situação é prevalente no campo, uma vez que o pesticida sofre rápida degradação de suas moléculas após a aplicação. A pergunta que normalmente é feita é quem morre e quem sobrevive? Quando a mais adequada seria: o que acontece com quem sobrevive?

O ácaro-vermelho-do-cafeeiro *Oligonychus ilicis* McGregor (Acari: Tetranychidae) é uma praga secundária em sistemas de cultivo de café no Brasil (Reis et al. 1997), e são frequentes os relatos de aumento em sua abundância após aplicação de produtos inseticidas da classe dos piretróides. Esse fenômeno é popularmente referido como “flaring” ou “erupção de pragas secundárias” induzidas por pesticidas. Após a aplicação de piretróides para o controle do bicho-mineiro-do-cafeeiro *Leucoptera coffeella*

(Guérin-Mèneville) (*Lepidoptera*: Lyonetiidae) observam-se surtos populacionais de ácaro-vermelho-do-cafeeiro num curto período após a aplicação (Reis & Souza 1986). Piretróide é um grupo importante por apresentar características de baixa toxicidade a mamíferos e relativa persistência no campo (Elliot et al. 1987). No entanto, muitas publicações reportam problemas com ressurgência e erupções em ácaros da família Tetranychidae (Zwick & Fields 1978; Hall 1979; Hoyt et al. 1978; Trichilo & Wilson 1993) e normalmente creditam o efeito colateral à alta suscetibilidade dos predadores a piretróides. Apesar da potencialidade de descreverem os mesmo mecanismos o termo ressurgência se refere ao surto da praga primária, enquanto erupção normalmente se refere a praga secundária (Hardin et al. 1995). Como resultado desse tipo de distúrbio, uma aplicação inicial de inseticida para o controle da praga-alvo frequentemente leva ao aumento de descarga e uso de outras moléculas para controlar o complexo de pragas secundárias.

Pouca atenção tem-se dado à ecologia das populações que sobrevivem em áreas pulverizadas (Toft & Jensen 1998). Os estudos que levam em consideração mais de um fator são necessários para o melhor entendimento e são essenciais para processos de inferência de que tipo de efeito o inseticida tem sobre características produtivas e da história de vida em níveis organizacionais mais complexos. Neste estudo três hipóteses foram testadas para explicar as causas da erupção do ácaro-vermelho-do-cafeeiro, dentre elas (i) a seletividade, (ii) hormese e (iii) refratariedade comportamental induzida por pesticida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Organismos e Pesticida

As criações dos ácaros predador e presa, *Amblyseius herbiculus* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) e *O. ilicis* respectivamente, utilizados nos experimentos foram coletados em plantações de café (*Coffea arabica* L. cv Catuaí) mantidas livre de pulverizações com pesticidas no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Os ácaros foram mantidos em criações em laboratório durante todo o período experimental. Introduções periódicas foram realizadas a fim de manter a representatividade genética às populações de campo.

A criação de *A. herbiculus* foi mantida sobre uma lâmina de PVC (15 x 20 cm) de cor preta margeada por tiras de algodão umedecidos para evitar fuga de indivíduos da criação. As criações foram alimentadas com pólen fresco de mamona (*Ricinus communis* L.) trocado regularmente (Reis et al. 1997). A criação de *O. ilicis* foi mantida sobre folha de café com tiras de algodão úmido nas bordas. As folhas eram trocadas a cada 5 dias e ficavam sobre espuma de náilon úmida em bandeja com água para impedir a desidratação.

Para os ensaios em laboratório foi utilizado inseticida a base de deltametrina na formulação comercial Decis[®]25 CE (Bayer CropScience, São Paulo, Brasil). O inseticida é recomendado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária para o controle bicho-mineiro-do-cafeeiro *L. coffeella* na

concentração média 11,1 µg do i.a. /ml de água (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010).

2.2 Bioensaios concentração-resposta

Para avaliar de toxicidade aguda à deltametrina para *A. herbiculus* e *O. ilicis*, utilizaram-se 15 fêmeas adultas fixadas em uma lâmina de vidro (26 x 76 x 1,4 mm), em um pedaço de fita adesiva de dupla face, de aproximadamente 2 cm², colada no centro de uma das faces da lâmina. Os ácaros foram fixados pelo dorso, com auxílio de um pincel fino de pêlo macio. O tratamento foi realizado por meio da imersão das lâminas em suspensão inseticida por 5 segundos, com leve agitação (Suplicy Filho et al. 1979). A avaliação foi feita por meio da contagem de indivíduos mortos 24 horas após a imersão e foram considerados mortos quando não movimentavam as pernas ao toque da ponta de um pincel de pêlo macio. Foram realizadas três repetições para cada concentração.

2.3 Bioensaios de tabela de fertilidade

O estudo de tabela de vida foi conduzido a fim de determinar a toxicidade crônica à deltametrina, bem como um possível efeito estimulatório (hormese) induzido por deltametrina em indivíduos expostos desde a eclosão. Para tanto, o pesticida foi pulverizado através de torre de Potter (Potter 1952) (Burkard, Rickmansworth, UK) em discos de folhas de café (3,0 cm de diâmetro). As pulverizações foram feitas usando pressão de 0,34

bar ($=3,44 \times 10^4$ Kpa) e alíquota de 2,5 ml (Hassan et al. 1994). Após a pulverização dos discos (incluindo controle pulverizados com água destilada-deionizada) serem deixados para secar por aproximadamente 1 hora, 25 fêmeas foram transferidas das criações e deixadas sobre os discos por 24 horas para formar cada coorte (*eggwave*). Cada coorte utilizada era formada por 15 indivíduos. Foram utilizadas 3 coortes para cada concentração. Os discos de folhas tratadas foram colocados flutuando em água dentro de um copo plástico (100 ml) preso a um alfinete com a cabeça fixada ao fundo por uma gota de silicone, para manutenção dos indivíduos confinados nas unidades experimentais (Reis & Alves 1997). Os indivíduos *O. ilicis* que atingiam o estágio de deutocrisálida eram individualizados em discos de 3 cm pulverizados como na descrição acima. Devido ao fato de possuírem reprodução do tipo partenogênese arrenótoca, a medida que as fêmeas atingiam a maturidade sexual um macho era adicionado para garantir que esta fosse copulada para produzir fêmeas. No caso de *A. herbiculus*, a reprodução é do tipo partenogênese simples, portanto não é necessária a introdução de machos para garantir fêmeas na progênese.

Os ensaios de tabela de vida (Southwood 1978; Carey 1993) foram conduzidos para *A. herbiculus* e *O. ilicis*, durante todo o ciclo de vida (ovo a ovo) variando as doses aplicadas sob os discos de folhas. O estudo avaliou a variação das coortes e a mortalidade idade-específica para cada concentração. As tabelas de fertilidade foram calculadas como descrito em Birth (1948) e Carey (1993). As taxas intrínsecas de crescimento populacional (r_m) foram obtidas pelo método de interações sucessivas das equações de Lotka (Birth 1948): $\sum e^{-rx} L_x m_x = 1$, onde x é a classe etária

pivotal, L_x é o número de sobreviventes na coorte no intervalo x a $x+1$, e m_x é o número de fêmeas produzidas pelos ácaros vivos na idade pivotal x . As tabelas de fertilidade idade-específica foram construídas e o parâmetro populacional r_m calculado para cada coorte.

Para possibilitar a inferência de como os componentes de adaptabilidade (reprodução e fertilidade) estariam associados às características da história de vida, os dados foram submetidos a uma análise de correlação canônica. Sabendo que as variações do r_m derivam basicamente do aumento ou diminuição de componentes de sobrevivência e fertilidade, a análise utilizada poderá elucidar esta questão.

2.4 Ensaio comportamentais

O objetivo dos ensaios comportamentais foi avaliar efeitos moduladores de comportamento (como exemplo, repelência, irritabilidade ou mesmo atratividade). Os ensaios comportamentais foram feitos para *A. herbiculus* em arenas metade-tratadas seguindo métodos adaptados de Guedes et al. (2008) para três concentrações do inseticida: 11,1; 1,11 e 0,11 $\mu\text{g/ml}$. As diluições foram feitas a partir da concentração recomendada para uso a campo até um patamar que não causasse mortalidade durante os ensaios (100 vezes diluída). Discos de PVC (3 cm de diâmetro) tratados com inseticida (ou água) presos ao fundo de um copo plástico com água por uma gota de silicone. O disco foi imerso em água destilada-deionizada para a montagem do controle ou subsequêntemente imerso em solução inseticida. Essa montagem consistida de metade-tratada e metade não tratada foi

colocada sob o sistema digital de acompanhamento (ViewPoint Life Sciences Inc., Montreal - Canadá). Vinte fêmeas adultas (e arenas) foram usadas em um designe uma fêmea por arena em delineamento inteiramente casualizado. O movimento de cada ácaro foi gravado por 10 minutos na arena e digitalmente transferido para um computador usando o *ViewPoint Automated Tracking System*. As medidas tomadas pelo equipamento incluem: distância caminhada, tempo em repouso (i.e. tempo parado), velocidade do caminhar e tempo gasto em cada metade da arena.

Todos os experimentos foram conduzidos com indivíduos mantidos a $26\pm 1^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa e 16:8 horas (Claro:Escuro).

2.5 Análises estatísticas

As regressões concentração-mortalidade para ambas as espécies foram estimadas por análise probit (Finney 1964) usando o procedimento PROC PROBIT (SAS 2002). A mortalidade dos tratamentos foi corrigida pela mortalidade natural controle usando a fórmula de Abbott (Abbott 1925). Diferenças na toxicidade foram consideradas significativas quando não houve sobreposição do intervalo fiducial (95%) e o índice de seletividade (IS) foi calculado pela razão da CL_{50} do predador (*A. herbiculus*) pela CL_{50} da praga (*O. ilicis*) e seu intervalo de confiança (95%) calculados segundo Robertson et al. (2007).

O modelo logístico, que expressa a relação dose-resposta como incremento ou decréscimo monotônico, sigmoidal e simétrico em seu ponto de inflexão, é frequentemente usado para descrever o comportamento não-

linear de algumas variáveis. As respostas não-lineares podem ser expressas na maioria dos casos em termos dos parâmetros que correspondem ao valor da resposta esperada. Para estimar esses parâmetros (α , β , δ , θ) (Seefeldt et al. 1995) foi utilizado o procedimento PROC NLIN (SAS, 2002) a fim de modelar o comportamento concentração-dependente dos parâmetros reprodutivos de *A. herbiculus* e de *O. ilicis*. O uso dos modelos não-lineares se constituiu de três etapas: 1) estimativa dos parâmetros da curvas de reprodução para cada espécie, 2) comparação das CE_{50} (concentração efetiva para reduzir em 50% a reprodução) entre as duas espécies e 3) testar o incremento de hormese nas curvas. Para acomodar o efeito de incremento na curva log-logística, um parâmetro (γ) foi adicionado ao modelo Log-logístico (Brain e Cousen 1989). Para inferir se a curva apresenta ou não efeito estimulatório em baixas concentrações, o intervalo de confiança estimado para γ não poderá conter zero (Schabenberger et al. 1999).

Foram estabelecidas correlações canônicas pelo procedimento PROC CANCORR (SAS, 2002) entre o grupo de variáveis chamadas componentes do *fitness* (sobrevivência, fertilidade) de cada indivíduo com um grupo de variáveis chamadas de características da história de vida (tempo até o início da reprodução, extensão do período reprodutivo e média de ovos durante o período reprodutivo (intensidade)). Essa análise foi feita para três grupos: coorte com r_m acima do controle, coorte com r_m abaixo do controle e predador, para minimizar o efeito de resposta não linear na formação dos pares canônicos. Para cada correlação estabelecida, foram gerados dois pares de variáveis canônicas a 5% de significância.

Para os ensaios comportamentais o teste usado para inferências quanto a diferença nos parâmetros de comportamento foi o teste t pelo procedimento PROC TTEST (SAS, 2002). As médias das arenas tratadas foram comparadas com as médias das arenas do controle pelo teste t para médias independentes. Em virtude da dependência de erro em ensaio de arena metade tratada metade não tratada, o procedimento foi o teste t para médias pareadas.

3. RESULTADOS

3.1 Bioensaios de concentração-resposta

Os valores de CL_{50} de ambas as espécies foram significativamente diferentes, uma vez que não houve sobreposição do intervalo fiducial. A espécie de ácaro predador *A. herbiculus* foi mais susceptível à deltametrina no ensaio de toxicidade aguda que sua presa *O. ilicis* (Tabela 1). O índice de seletividade diferencial na CL_{50} foi 1,54 vezes.

Tabela 1. Toxicidade de deltametrina ao ácaro predador *Amblyseius herbiculus* e sua presa *Oligonychus ilicis*.

Espécies de ácaro	Número de ácaros testados	Inclinação ±SE	LC50 (95% Intervalo fiducial (µg/ml))	χ^2	p	Índice de seletividade diferencial (95% Intervalo de confiança)
<i>O. ilicis</i>	225	4,66 (0,92)	1,37 (1,16-1,67)	2,75	0,25	1,54 (1,41-1,82)
<i>A Herbiculus</i>	225	3,97 (0,56)	0,89 (0,74-1,03)	2,82	0,42	-

3.2 Bioensaios de tabela de fertilidade

O inseticida exerceu efeito significativo sob as taxas intrínsecas de crescimento populacional (r_m) de *O. ilicis* e *A. herbiculus* (Figura 1). Um aumento da resposta em relação ao grupo controle quando exposto a baixa concentração do inseticida, seguida por decréscimo quando exposto a elevada concentração é como uma curva padrão hormética concentração-dependente é reconhecida (curva β) (Stebbing 2000). Esta curva demonstra que um pesticida em baixas concentrações pode exercer efeito estimulatório sob parâmetros de crescimento populacional (Tabela 2). Esse efeito foi observado na população de *O. ilicis*, mas não foi detectado para populações de *A. herbiculus*. Observamos também que a resposta concentração-dependente das populações de *O. ilicis* e *A. herbiculus* localiza-se em faixas diferentes de concentração. A análise não gerou o intervalo de confiança do parâmetro EC_{50} , 0,04 e 0,12 $\mu\text{g/ml}$ para praga e predador respectivamente. No entanto, a diferença entre os parâmetros denota um forte componente seletivo da interação. Os resultados apontam para tolerância do predador e dessa maneira, seletividade na resposta das populações à deltametrina.

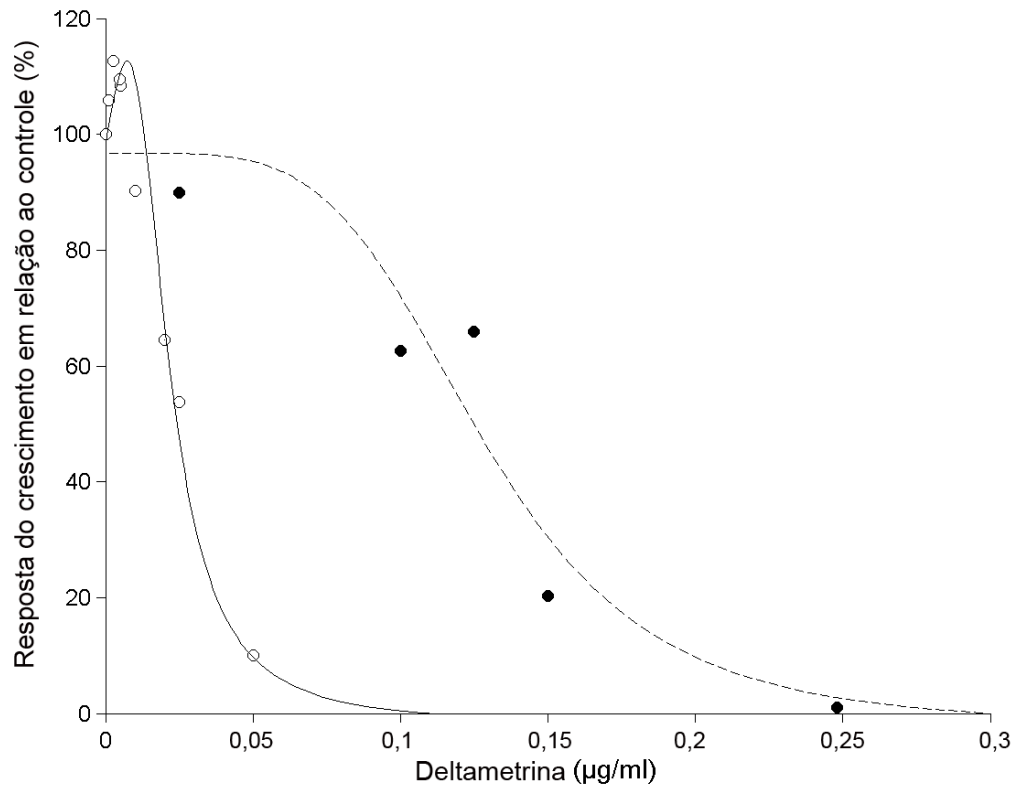


Figura 1. Médias do crescimento populacional relativo ao controle ($r_m = 0,15$) e curvas ajustadas para os modelos Log-logístico (*A. herbiculus*; ●) e Brain-Cousen modificado para acomodar hormese (*O. ilicis*; ○).

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros para os modelos de regressão não linear Log-logístico e Brain-Cousen para as espécies.

Espécies	Modelo	Parâmetros	Erro	F valor	p
			Padrão		
<i>A. herbiculus</i>	$\delta+$ —————	$\alpha = 99$	5,15	43,84	0,0005
		$\beta = -0,81$	7,46		
		$\delta = 4,87$	1,90		
<i>O. ilicis</i>	$\delta+$ —————	$\alpha = 98$	10,34	965	0,0001
		$\beta = 0,64$	10,51		
		$\delta = 1,61$	0,11		
		$\gamma = 11389$	2501		

A resposta de $L_x m_x$ de *O. ilicis* demonstra que algumas concentrações excederam a resposta de aumento em relação ao grupo controle, contrariando a expectativa de que todas diminuiriam a resposta (Figura 2a). Quando plotadas, l_x e m_x (Figura 2b e 2c) revelam contribuições antagônicas. A probabilidade de sobrevivência (l_x) das coortes submetidas a concentrações estimulatórias (azul) apesar de se manter acima da linha do controle, não parece ter grande diferença ao longo do ciclo. No entanto, concentrações que promoveram redução da resposta reprodutiva (vermelha) da população, apresentaram a probabilidade de menor sobrevivência ao longo de todo o ciclo de vida. Contudo, todos os tratamentos com inseticidas prolongaram o período médio de vida. Indivíduos presentes em concentrações que diminuíram o r_m mostram uma intensa atividade reprodutiva no final do ciclo em um padrão semelhante a um pulso, podendo inclusive contribuir com o dobro do número de fêmeas quando comparados ao pico do controle.

As análises de correlação canônica agruparam as tendências da variação em dois eixos. A tabela 3 apresenta as correlações canônicas e os pares canônicos estimados entre as características dos componentes de *fitness* (sobrevivência e fertilidade) e características da história de vida (tempo até o início da reprodução, tamanho do período reprodutivo, número de ovos e média de ovos durante o período reprodutivo). Todas as correlações canônicas foram elevadas e significativas a 1% de probabilidade pelo teste qui-quadrado.

A correlação canônica para o primeiro eixo canônico do grupo que apresentou hormese foi 0,99. Os coeficientes canônicos do primeiro par

canônico demonstram um peso maior sobre a sobrevivência (0,91) em par com a extensão do período reprodutivo (1,02). Para o segundo par teve correlação igualmente alta (0,91). A fertilidade (1,57) correlacionou negativamente com a sobrevivência (-1,29). No grupo fitness, o par de maior peso foi a intensidade (0,93) no grupo de característica da história de vida. A análise para os dados de não-hormese e do predador apresentaram resultados semelhantes (tabela 3).

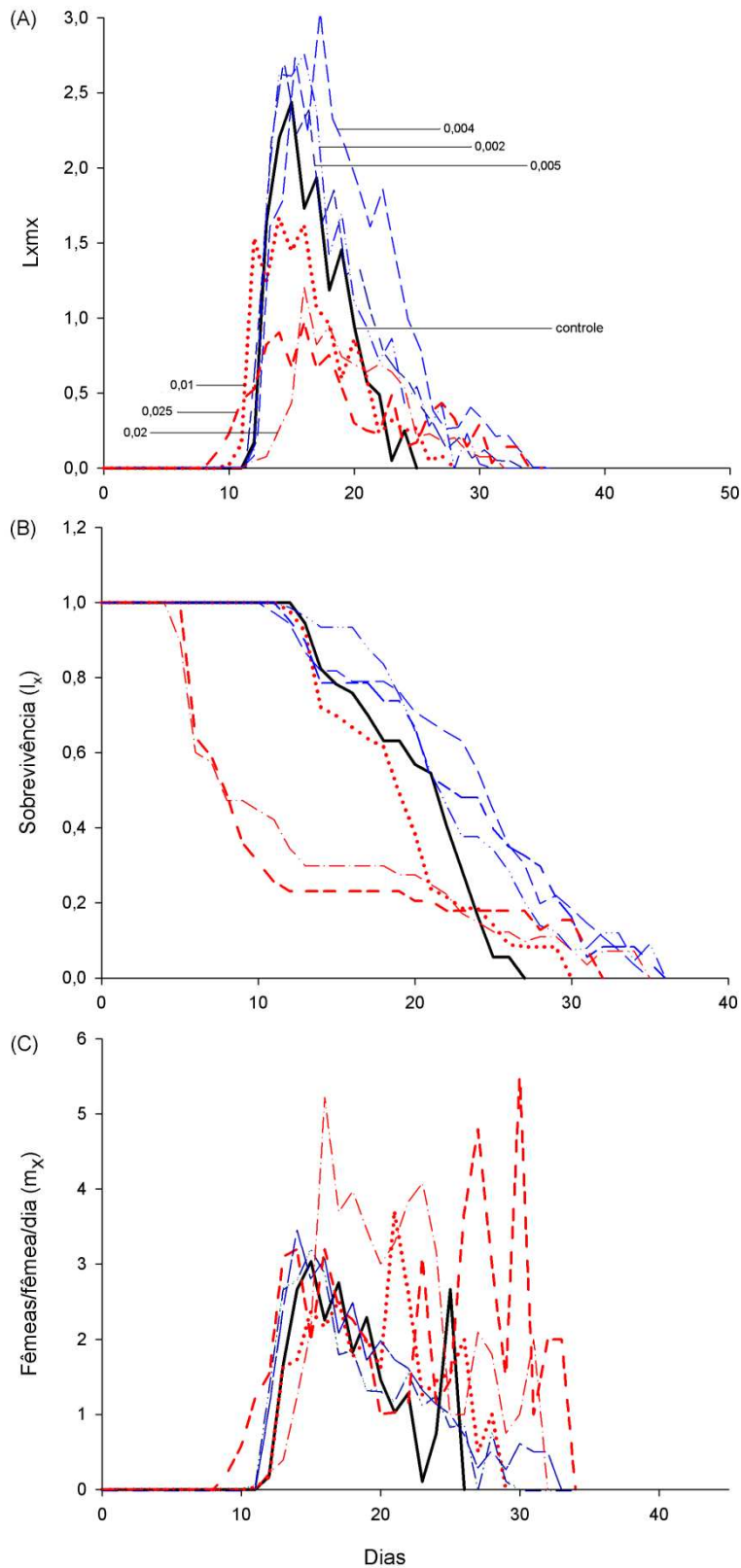


Figura 2. Parâmetros da tabela de vida idade-específica de *O. ilicis* em resposta a diferentes concentrações de deltametrina. (A) taxa reprodutiva líquida ($L_x m_x$), (B) curvas de sobrevivência (l_x) e (C) fertilidade específica. A cor azul representa as curvas com r_m acima do controle e a cor vermelha representa as curvas com r_m abaixo do controle.

Tabela 3. Correlações canônicas e pares canônicos entre as características dos grupos história de vida e fitness.

	Praga				Predador	
	Hormese		Sem-hormese		1°	2°
	1°	2°	1°	2°		
História de vida						
Período pré-reprodutivo	0,17	-0,36	0,27	-1,19	0,46	-0,36
Período reprodutivo	1,02	0,03	1,18	0,02	0,93	-0,06
Intensidade reprodutiva	0,06	0,93	-0,04	0,36	0,14	0,59
Fitness						
Fertilidade	0,12	1,57	0,31	-1,39	0,39	1,37
Sobrevivência	0,91	-1,29	0,74	1,54	0,69	-1,5
R	0,99	0,91	0,99	0,72	0,96	0,75
P	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

3.3 Ensaios comportamentais

Em virtude da ocorrência de mortalidade nas concentrações 11,1 e 1,11 µg/ml, apenas as respostas da concentração 0,11 µg/ml será apresentada aqui. Não houve diferença significativa ($p > 0,29$) com relação ao tempo despendido em cada metade da arena. No que diz respeito à arena completamente tratada, não houve diferença significativa para distância total caminhada (controle $180,57 \pm 11,81$ cm e tratado $187,61 \pm 7,61$ cm; $t = 0,58$; $p = 0,69$), tempo caminhando (controle $553,93 \pm 54,14$ s e tratado $578,77 \pm 11,34$ s; $t = 1,96$; $p = 0,064$) e velocidade (controle $0,32 \pm 0,19$ cm s⁻¹ e tratado $0,33 \pm 0,13$ cm s⁻¹; $t = 0,11$; $p = 0,91$). Esses resultados não demonstram qualquer indício de refratariedade comportamental à deltametrina (i.e, repelência ou irritabilidade).

4. DISCUSSÃO

A baixa seletividade dos produtos aplicados no ambiente é a explicação mais frequente para surtos de praga induzidos por inseticidas em estudos de mudança de abundância. A idéia de que inimigos naturais são naturalmente mais suscetíveis é muitas vezes creditada ser a principal causa para o desencadeamento do fenômeno (Cohen 2006; Hoyt et al. 1978; Hardin et al. 1995). Neste estudo, apesar de pequena, a diferença foi significativa para suscetibilidade das espécies de ácaro predador em relação a sua praga em ensaios de toxicidade aguda. O predador apresentou susceptibilidade ligeiramente maior que sua presa. Esse tipo de resposta foi constatada em estudo prévio (Trichilo & Wilson, 1993), nos quais os autores atribuíram à acentuada mortalidade de inimigos naturais a principal causa para surto de populações de ácaros-praga. Entretanto, outros estudos constataram maior tolerância do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae), inimigo natural comum de *O. ilicis*, em relação à sua presa para outros dois pesticidas usados na cultura do café (Teodoro et al. 2005). Achados que podem minimizar o impacto de generalizações que os inimigos naturais são sempre mais suscetíveis.

As taxas de incremento populacional, especialmente o r_m , têm sido recomendadas juntamente com as estimativas de CL_{50} a fim de prover uma estimativa mais realista de quais são os efeitos de tóxicos em nível populacional. O efeito sobre os sobreviventes pode ser uma aproximação mais justa e essa abordagem já vem sendo adotada em ensaios que têm por objetivo medir o impacto de pesticidas em populações naturais e de pragas

estabelecidas (Stark et al. 1997; Forbes & Calow 1999). Os valores encontrados para o r_m do controle são coincidentes para predador e praga (0,15). Este resultado não é tão surpreendente uma vez que populações de fitoseídeos generalistas (tipo 3) podem ser encontradas em patamares mais elevados que os da praga, por exemplo em relações acima de 1:1 (McMurtry & Croft 1997). Os valores de r_m dos indivíduos que não sofreram exposição também coincidem com valores encontrados em trabalhos de descrição biológica de *O. ilicis* e *A. herbiculus* (0,15) (Reis et al, 1997; Reis et al. 2007).

Os resultados dos ensaios de tabela de vida demonstram que conclusões a respeito dos efeitos de pesticidas em nível populacional usando parâmetros de toxicidade aguda (CL_{50} , DL_{50}), podem levar a conclusão equivocada. Os ensaios demográficos demonstraram que os predadores não são mais susceptíveis. Pelo contrário, são cerca de 3 vezes mais tolerante que sua presa quando comparadas as CE_{50} . Além disso, se pensarmos que existe um retardo temporal na resposta à aplicação para a percepção do surto (1 semana a 3 meses), é provável que a verdadeira causa do surto de *O. ilicis* esteja associado a efeitos provocados por resíduo com concentração bastante abaixo do depósito inicialmente aplicado.

Em contraste ao efeito prejudicial, efeitos benéficos como hormese induzida por pesticidas podem trazer uma nova perspectiva para a discussão do problema. Hormese é frequentemente definida como a relação concentração-resposta na qual há uma resposta estimulatória em baixas doses e inibitória em doses elevadas (Calabrese & Baldwin 2001). Esse fenômeno foi constatado na população de *O. ilicis* confirmando a hipótese

que era apenas uma desconfiança de muito autores (Luckey 1968; Morse 1998). O predador não apresentou qualquer indício de estímulo provocado pelo pesticida, o que não descarta a possibilidade de haver algum. Esse fenômeno foi relatado para organismos benéficos (Guedes et al. 2009) e pode não ter sido detectado neste estudo por efeito de geração ou mesmo baixa expressão do fenômeno. De qualquer modo a hormese é menos impactante para os predadores uma vez que sua população é limitada pelo número de presa, o que pode restringir a importância do fenômeno para esse grupo (Forbes, 1999).

A maior parte dos estudos de hormese com insetos ou ácaros tem ligado efeitos do pesticida à fecundidade (Morse, 1998). Em alguns casos tem sido mostrado aumento da fecundidade total ou antecipação da fecundidade para estádios anteriores. Outros mecanismos propostos são de aumento da sobrevivência e aceleração dos estádios imaturos (Tolf & Jersen, 1998; Morse, 1998). Neste estudo, observou-se que o $L_x m_x$ das doses que promoveram o aumento do r_m é maior que os tratamentos sem inseticida ou com aplicações de doses elevadas. Quando se analisa separadamente as contribuições da sobrevivência e da fertilidade, nota-se que a sobrevivência é levemente superior que o controle, no entanto a grande diferença está na extensão do ciclo. A extensão de aproximadamente 27 dias observada para o controle é confirmada por outro estudo da biologia de *O. ilicis* (Reis et al. 1997). O aumento no ciclo provavelmente é a característica que mais contribuiu para a diferença nos valores de $L_x m_x$. O alongamento do ciclo foi uma característica comum para todas as coortes

tratadas com inseticida com, independentemente se houve ou não resposta estimulatória.

A fertilidade foi ligeiramente maior durante todo o ciclo nos tratamentos que apresentaram resposta estimulatória. Nas doses mais elevadas, em que os indivíduos apresentaram menor probabilidade de sobrevivência ao longo de todo o ciclo, estes chegaram a ovipositar quase o dobro do número de ovos durante o pico de oviposição. As coortes submetidas às maiores concentrações (linhas vermelhas) mostraram uma tendência de oviposição inversa ou grupo controle: a de um pulso único e tardio. Este padrão reprodutivo provavelmente se dá por uma possível incapacidade de acumular reservas ou de direcionar reservas dos processos metabólicos detoxificativos para os processos reprodutivos. A análise de correlação canônica suporta esta hipótese. Esta análise aponta a sobrevivência juntamente com a extensão do período reprodutivo como as principais responsáveis pela variação no primeiro par. No segundo par a reprodução e a intensidade reprodutiva foram às responsáveis pela variação. Os componentes do fitness (sobrevivência e fertilidade) sempre se correlacionaram positivamente no primeiro par e negativamente no segundo par. Este padrão pode sugerir dois grupos de variação nas estratégias reprodutivas. Indivíduos com capacidade energética suficiente para sobreviver e se reproduzir e indivíduos incapazes de se reproduzir sem diminuir o tempo de sobrevivência ou *vice versa*, sugerindo um balanço fisiológico dos componentes de adaptabilidade (Sibly & Calow 1986). A adaptabilidade pode ser definida como a habilidade de um indivíduo em deixar cópias do gene para futuras gerações (Futuyma 2005). Assim, a

adaptabilidade integra aspecto da sobrevivência a reprodução, sendo que a longevidade é irrelevante se ela não for convertida em aumento reprodutivo (Forbes & Calow 1999). Este não foi o caso observado aqui, pois os indivíduos estenderam seu período de sobrevivência, reprodutivamente ativos.

O predador possui uma ampla faixa de concentração na qual ele pode se desenvolver antes que sua presa possa, eventualmente, recolonizar ou se desenvolver na área. No entanto, o tamanho da dependência da presa *O. ilicis* ou da disponibilidade de presas alternativas, determinará o tamanho populacional do predador. Quando chegar o momento em que o ambiente permita a recolonização ou desenvolvimento da praga, ela terá uma vantagem de cerca de 15% maior no valor da taxa de crescimento, sem limitação de recurso. Esta vantagem provavelmente garantirá um salto populacional de *O. ilicis* maior do que do predador *A. herbiculus* e quando este fizer a troca da programação comportamental (*switch*)

para essa presa pode ser tarde demais para que o predador seja capaz de deter essa população de praga.

Organismos expostos a baixas concentrações de tóxicos apresentam alterações benéficas que são induzidas paralelamente por mudanças em expressão gênica, como parte de uma síndrome adaptativa (Wijk et al. 1994). Essas alterações podem ser desencadeadas com uma sequência de eventos até eventualmente serem revertida em ganho para a população. Pode parecer uma impossibilidade uma faixa tão estreita de concentração afetar tão profundamente a abundância de uma população. No entanto, se a resposta das doses mais elevadas se confirmarem a campo, os poucos

indivíduos que sobrevivem dobram sua capacidade reprodutiva em detrimento de sua sobrevivência. Como resultado, os indivíduos sobreviventes deixarão sua prole em um ambiente propício para o estímulo necessário para o desencadeamento da hormese.

A expectativa de que não apenas a mortalidade aguda nas primeiras horas após a aplicação responderia o problema, mas também os efeitos subletais foram confirmados. Em vista do que vimos até o presente momento, podemos inferir sobre o quanto e quando os indivíduos morrem. Mas para completar a equação ecológica do tamanho populacional (nascidos menos mortos mais imigrantes menos emigrantes), ainda faltariam pistas para sabermos se este sistema pode ser influenciado pelo número de indivíduos que chegam ou que saem desse ambiente. O experimento comportamental nos faz concluir que não há efeito deletério sob parâmetros comportamentais que se verteriam em componentes e parâmetros ecológicos, como exemplo taxa de encontro ou capacidade de distinguir áreas afetadas. Apesar da possibilidade do comportamento de evitar antes mesmo do contato para alguns organismos benéficos, essa hipótese parece não fazer parte da explicação do problema descrito para esse predador em questão (Cordeiro et al. 2010).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se tivéssemos parado a experimentação após os resultados dos ensaios concentração-resposta, chegaríamos a conclusões diferentes das que chegamos após os ensaios demográficos usando concentrações subletais. Apesar da praticidade e do baixo custo dos ensaios padrões concentração-resposta, eles podem não ser suficientes para conclusões preditivas em nível populacional. No entanto, ainda assim, as detêm sua importância e por meio dos seus resultados vislumbramos que apesar do inseticida ser seletivo em favor da praga, na concentração de campo nenhuma das espécies é capaz de sobreviver na área. À medida que o inseticida se degrada no ambiente, o primeiro a poder recolonizar o ambiente é o predador. A impossibilidade do desenvolvimento da praga em um primeiro momento e a consequente limitação do tamanho populacional do predador, aliada a um estímulo fisiológico da praga em um segundo momento podem ser suficientes para explicar o fenômeno de erupção de *O. ilicis* em sistemas de cultivo de café.

6. Referências Bibliográficas

- Abbott WS (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economical Entomology* 18:265-267
- Birth LC (1948) The instantaneous rate of natural increase of an insect population. *Journal of Animal Ecology* 17 (15-26)
- Brain P, Cousen R (1989) An equation to describe dose response where there is stimulation of growth at low doses. *Weed Research* 29:93-96
- Calabrese EJ (2004) Hormesis: from marginalization to mainstream. A case for hormesis as the default dose-response model in risk assessment. *Toxicology and Applied Pharmacology* 197:125– 136
- Calabrese EJ, Baldwin LA (2001) U-shaped dose-responses in biology, toxicology, and public health. *Annual Review of Public Health* 22:15– 33
- Calabrese EJ, Baldwin LA (2003) HORMESIS: The dose-response revolution. *Annual Review Pharmacology Toxicology* 43:175–197
- Carey JR (1993) *Applied Demography for Biologists with Special Emphasis on Insects*. Oxford University Press,
- Cohen E (2006) Pesticide-mediated homeostatic modulation in arthropods. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 85:21–27
- Cordeiro EMG, Corrêa AS, Venzon M, Guedes RNC (2010) Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphere* 81:1352-1357
- DeBach P, Rosen D (1991) *Biological Control by Natural Enemies*. Cambridge University Press, New York, NY

- Doutt RL, Smith RF (1971) The Pesticide Syndrome-Diagnosis and Suggested Prophylaxis. In: Huffaker CB (ed) Biological Control. Plenum Press, New York, NY, pp 3-15
- Elliot M, Jones NF, Potter C (1987) The future of pyrethroids in insect control. Annual Review of Entomology 23:443-469
- Finney KJ (1964) Probit Analysis. Cambridge University Press, Cambridge
- Forbes VE, Calow P (1999) Is the per capita rate of increase a good measure of population-level effects in ecotoxicology? Environmental Toxicology and Chemistry 18 (7):1544-1556.
- Futuyma DJ (2005) Evolution. Sinauer Associates.
- Guedes RNC, Campbell JF, Arthur FH, Opit GP, Zhu KY, Throne JE (2008a) Acute lethal and behavioral sublethal responses of two stored-product psocids to surface insecticides. Pest Management Science 64 (12):1314-1322.
- Guedes RNC, Magalhaes LC, Cosme LV (2009) Stimulatory sublethal response of a generalist predator to permethrin: hormesis, hormoligosis, or homeostatic regulation? Journal Economical Entomology 102 (1):170-176
- Hairston NG, Smith FE, Slobodkin LB (1960) Community structure, population control, and competition. The American Naturalist 94 (879):421-425
- Hall FR (1979) Effects of syntetic pyrethroids on major insect and mite pests of apple. Journal Economical Entomology 72:441-446

- Hardin MR, Benrey B, Colt M, Lamp W, Roderick GK, Barbosa P (1995) Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. *Crop Protection* 14 (1):3-18
- Hassan SA, Bigler F, Bogenschütz H, Boller E, Calis JNM, Coremans-Pelseneer J, Duso C, Grove A, Heimbach U, Helver N, Hokkanen H, Lewis GB, Mansur F, Moreth L, Polgar L, Samsøe-Petersen L, Sauphanor B, Staubli A, Sterk G, Vainio A, Veire Mvd, Viggiani G, Vogt H (1994) Results of the sixth Joint Pesticide Testing Programme of the IOBC/WPRS - Working group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Entomophaga* 39:107-119
- Hoyt SC, Westigard PH, Burts EC (1978) Effect of two synthetic pyrethroids on the codling moth, pear psylla and various mite species in northwest apple and pear orchards. *Journal Economic Entomology* 71:431-434
- Luckey TD (1968) Insecticide hormoligose. *Journal Economic Entomology* 61:7-12
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011) *AGROFIT: sistema de agrotóxicos fitossanitários*. Brasília, Brasil: Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS. [HTTP://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) [acessado em 03.01.2010]
- McMurtry JA, Croft BA (1997) Life-styles of Phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual Review of Entomology* 42:291-321
- Morse JG (1998) Agricultural implications of pesticide induced hormesis of insects and mites. *Human & Experimental Toxicology* 17:266 - 269

- Potter C (1952) An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray films. *Annals of Applied Biology* 39:1-29
- Reis PR, Alves EB, Sousa EO (1997) Biologia do ácaro vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917). *Ciência e Agrotecnologia* 21 (3): 260-266
- Reis PR, Souza JC (1986) Pragas do cafeeiro. In: Rena AB, E M, Roch M, Yamada (eds) *Cultura do cafeeiro: Fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, pp 323-378
- Reis PR, Teodoro AV, Neto MP, Silva EAD (2007) Life History of *Amblyseius herbicolus* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) on Coffee Plants. *Neotropical Entomology* 36 (2):282-287
- Ripper WE (1956) Effect of pesticides on balance of arthropod population. *Annual Review Entomology* 1:403-438
- Robertson JL, Russell RM, Preisler HK, Savin NE (2007) *Pesticide Bioassays with Arthropods* 2 edn. CRC,
- SAS I (2002) *SAS/STAT User's Guide*. 6.12 edn. SAS Institute, Cary, NC
- Schabenberger O, Tharp BE, Kells JJ, Penner D (1999) Statistical test of hormesis and effective dosages in herbicide dose response. *Agronomy Journal* 91:713-721
- Seefeldt SS, Jensen JE, Fuerst P (1995) Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. *Weed Technology* 9:218-227
- Sibly RM, Calow P (1986) *Physiological Ecology of Animals - An Evolutionary Approach*. Blackwell, Scientific Publications, Oxford.

- Southwood TER (1978) Ecological Methods. Chapman and Hall, London
- Stark JD, Tanigoshi L, Bounfour M, Antonelli A (1997) Reproductive Potential: Its Influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 37 (3):273-279
- Stebbing ARD (2000) Hormesis: interpreting the β -curve using control theory. *Journal Applied Toxicology* 20:91-101
- Suplicy Filho N, Takematsu AP, Ooliveira DA (1979) Estudo do comportamento do "ácaro-rajado" *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) Boudreaux & Dossé, 1963, à ação de vários defensivos agrícolas organofosforados. *Biológico, São Paulo* 45 (1/2):11-18
- Teodoro AV, Fadini MAM, Lemos WP, Guedes RNC, Pallini A (2005) Lethal and sub-lethal selectivity of febutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: *Tetranychidae*), in Brazilian coffee plantations. *Experimental Applied Acarology* 36:61-70
- Toft S, Jensen AP (1998) No negative sublethal effects of two insecticides on prey capture and development of a spider. *Pesticide Science* 52:223-228
- Trichilo R, Wilson LT (1993) An ecosystem analysis of spider mite outbreaks: physiological stimulation or natural enemy suppression. *Experimental Applied Acarology* 17:291-314
- Turchin P (2003) Complex Population Dynamics: A Theoretical/Empirical Synthesis. Princeton monographs in population biology. Princeton, NJ
- Wijk Rv, Ooms H, Wiegant FAC, Souren JEM, Ovelgönne JH, Aken JMv, Bol AWJM (1994) A molecular basis for understanding the benefits from

subharmful doses of toxicants. Environmental Management and Health 5 (1):13-25

Zwick RW, G.J.Fields (1978) Field and laboratory evaluation of fenvalerate against several insect and mite pests of apple and pear in Oregon. Journal of Economic Entomology 71:793-796