

EFEITOS SUBLETAIS DOS PESTICIDAS NOS ARTRÓPODOS AUXILIARES

SUBLETHAL EFFECTS OF PESTICIDES ON ARTHROPOD BIOLOGICAL CONTROL AGENTS

Laura Torres¹

RESUMO

As preocupações crescentes sobre os riscos potenciais do uso de pesticidas de síntese têm levado ao aumento do interesse pela protecção biológica de conservação, estratégia que assenta na adopção de medidas destinadas a melhorar as condições do habitat para os inimigos naturais das pragas, com o objectivo de aumentar a sua eficácia. Como os pesticidas podem causar a morte destes inimigos (efeitos letais) ou afectar vários outros aspectos da sua biologia (a nível fisiológico ou comportamental) sem os matar (efeitos subletais), o êxito dos programas de protecção biológica de conservação depende, em parte, da optimização do uso dos pesticidas, de forma a optar pelos que não afectem a eficácia destes auxiliares. Neste trabalho analisa-se a importância de, em protecção integrada, se ponderarem os efeitos subletais dos pesticidas nos inimigos naturais das pragas e discute-se o uso de novas abordagens para melhorar o conhecimento disponível sobre estes efeitos nos referidos organismos.

Palavras-chave: Efeito secundário, protecção biológica de conservação, protecção integrada.

ABSTRACT

The increased public awareness of the potential risks of synthetic pesticides has led to a growing interest for Conservation Biological Control (CBC). In CBC different measures are taken to improve the conditions for natural enemies of crop pests already existing in the target area in order to make them more efficient as pest regulators. Since pesticides may cause the death of natural enemies (lethal effects) or change several other traits of their biology (either physiological or behavioral) without killing the individuals (sublethal effects), the success of CBC programs depends, in part, on the optimal use of selective pesticides that do not reduce natural enemy effectiveness. In this paper we discuss the importance of assessing the risk of pesticides to arthropod biological agents, in integrated pest management systems, and we analyze the use of new approaches to further our understanding of the potential impacts that they might have on these beneficials.

Keywords: Conservation biological control, integrated pest management, side effects.

INTRODUÇÃO

Vários organismos exercem acção limitante do desenvolvimento das populações de inimigos das culturas, sendo por isso designados antagonistas. Por facultarem benefícios para o homem, estes organismos fazem

¹ CITAB, Centro de Investigação e de Tecnologias Agro-Ambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5001-801, Vila Real, Portugal, ltorres@utad.pt

parte do grupo dos denominados auxiliares. Neste trabalho, o termo auxiliar será usado com o significado de *organismo antagonista, com actividade predadora, parasitóide ou patogénica de inimigos das culturas*, em concordância com o Glossário de Protecção Integrada (Amaro, 1982). Por outro lado serão abordados apenas os antagonistas do grupo dos artrópodos, com actividade predadora ou parasitóide.

O interesse pelo esclarecimento da relação entre auxiliares e pesticidas está intimamente ligado ao conceito de protecção integrada, tendo surgido quando, em 1959, investigadores californianos verificaram a destruição daqueles organismos pelos tratamentos e, num contexto em que as insuficiências da luta química já eram evidentes, pretenderam conciliá-la com a luta biológica, em particular com a limitação natural das pragas das culturas (Amaro, 2003). A dinamização da prática da protecção integrada, levada a cabo na Europa a partir da década de 1960, pela Organização Internacional de Luta Biológica e Protecção Integrada – Secção Regional Oeste Paleártica (OILBspop), veio mostrar a importância determinante do desenvolvimento de investigação aprofundada sobre o tema, levando à criação, em 1974, do Grupo de Trabalho “Pesticidas e Organismos Úteis”, que tem dado um contributo relevante para o progresso do conhecimento na área. Nos EUA, também foi dada particular atenção a esta problemática, destacando-se para o efeito os trabalhos levados a cabo na década de 1970 por Croft e colaboradores (Croft, 1990).

No início do séc. XXI, a necessidade de uma adequada avaliação dos efeitos dos pesticidas nos auxiliares é mais importante do que nunca, face à relevância atribuída à protecção biológica de conservação contra os inimigos das culturas, enquanto um dos principais serviços facultados pelos ecossistemas agrários (Cullen *et al.*, 2008; Fiedler *et al.*, 2008; Jonsson *et al.*, 2008), e aos riscos do uso daqueles produtos na provisão dos referidos serviços (Nash *et al.*, 2010). Sob este ponto de vista, a investigação desenvolvida

em anos recentes evidencia como é fundamental, na selecção dos pesticidas, ponderar os seus efeitos subletais sobre os auxiliares, tendo presente as consequências destes efeitos ao nível das populações e das comunidades (e.g. Stark e Banks, 2003; Stark *et al.*, 2004; 2007; Desneux *et al.*, 2007; Nash *et al.*, 2010).

No presente trabalho analisa-se a importância da adequada ponderação dos efeitos subletais dos pesticidas em protecção integrada e discute-se o uso de novas abordagens para melhorar o conhecimento disponível sobre estes efeitos nos referidos organismos.

OS EFEITOS SUBLETAIS DOS PESTICIDAS NOS ARTRÓPODOS AUXILIARES E A PROTECÇÃO INTEGRADA

As preocupações crescentes sobre os riscos potenciais do uso dos pesticidas de síntese, por parte do público europeu e dos decisores políticos, levaram ao estabelecimento de legislação que torna obrigatória a prática da protecção integrada nos Estados Membros da União Europeia, até 1/1/14 (EU, 2009). Em concordância com as orientações desta estratégia de protecção das culturas, a Directiva 2009/128/CE – Uso sustentável dos pesticidas, em vigor desde 25/11/09, refere explicitamente a adopção de medidas visando “a protecção e reforço de organismos úteis importantes”, onde se incluem indubitavelmente os antagonistas naturais das pragas. Consequentemente importa, hoje mais do que nunca, dispor de informação adequada sobre os efeitos secundários dos pesticidas nestes auxiliares.

Nos trabalhos iniciais realizados sobre o tema, estes efeitos eram avaliados em termos da sua toxicidade aguda expressa pelo LD₅₀, isto é a dose letal média correspondente à morte de 50% da população da espécie ensaiada ou, no caso da exposição por inalação ou de água, pelo LC₅₀, que é a concentração no gás, no vapor ou na água a que corresponde 50% da mortalidade em dado período

de tempo (Amaro, 2003). O pressuposto era o de que apenas importava o facto de a exposição de dada população ao LD₅₀ ou LC₅₀ reduzir o número de indivíduos para metade, sendo que eventuais efeitos na população sobrevivente à exposição não justificavam que se lhe dedicasse atenção (Stark *et al.*, 2007). Representou um avanço importante neste domínio o desenvolvimento, pela OILBsp, de métodos de ensaio adoptados de forma sequencial, nos quais a avaliação inicial é feita em laboratório e dependendo dos resultados obtidos, podem ser realizados ensaios de semi-campo ou campo (Hassan, 1985). A toxicidade é expressa quer em termos da mortalidade, quer da diminuição da actividade do auxiliar traduzida por exemplo nas taxas de parasitismo ocasionadas ou no número de ovos postos, comparativamente às testemunhas. Contudo esta metodologia apresenta ainda limitações, a mais importante das quais consiste no facto de apenas um ou no máximo dois tipos de efeitos tóxicos serem tidos em consideração (Stark *et al.*, 2004), quando na verdade a exposição aos pesticidas pode acarretar grande diversidade de efeitos nos organismos, incluindo a manifestação simultânea de múltiplos efeitos subletais. Por outro lado, para além de geralmente os ensaios incidirem apenas num estado de desenvolvimento do auxiliar (principalmente adultos), o intervalo de tempo usado na sua realização é insuficiente para permitir avaliar os efeitos dos pesticidas ao nível das populações.

Os efeitos subletais podem comprometer o êxito reprodutivo dos indivíduos (Myers e Hull, 2003), reduzir a sua longevidade (Butter *et al.*, 2003), afectar negativamente a resposta dos machos às feromonas sexuais emitidas pelas fêmeas (Holscher e Barrett, 2003) e diminuir a sua capacidade de escaparem aos predadores, (Butter *et al.*, 2003; Josan e Singh, 2000) ou de procurarem e/ou localizarem as suas presas/hospedeiros (e.g., Banken e Stark, 1998; Castagnoli *et al.*, 2005; 2007; Irigaray e Zalom, 2006; Kim *et al.*, 2006; Polletti *et al.*, 2007). Importa notar que, sobretudo quando há interacções entre populações de diferentes espécies, estes efeitos podem

influenciar as comunidades de artrópodos de formas bastante imprevisíveis (Stark e Banks 2003; Stavrinides e Mills 2009), sendo que o seu impacto se torna ainda mais complexo nas culturas, em resultado do efeito cumulativo de múltiplas aplicações no decurso do ciclo cultural (Thomson e Hoffmann 2006; 2007). Por outro lado, as populações de diferentes espécies não reagem da mesma forma a iguais níveis de stress, dependendo os efeitos da exposição aos pesticidas a nível populacional largamente das características biológicas da espécie (Stark *et al.*, 2004). Há espécies cujas populações podem sofrer altos níveis de mortalidade e recuperar rapidamente, por terem altas taxas de crescimento populacional, gerações curtas, iniciarem cedo a sua actividade reprodutiva ou em resultado da combinação destes atributos. Pelo contrário, outras espécies podem extinguir-se após exposição a pesticidas em concentrações que matam apenas parte da população, em virtude da ocorrência de efeitos subletais que afectam severamente os indivíduos sobreviventes. Consequentemente, se após a exposição ao pesticida, alguns indivíduos sobreviverem e atingirem a fase reprodutiva, diferentes situações se podem observar. Por exemplo, podem ocorrer múltiplos efeitos letais que levem à extinção da população, mas se tais efeitos não tiverem lugar, a população pode compensar as perdas através do incremento do potencial reprodutivo dos indivíduos sobreviventes (Stark e Banks, 2003).

Do exposto, conclui-se que, em protecção integrada, a adequada ponderação dos efeitos secundários dos pesticidas sobre os auxiliares depende da disponibilidade de conhecimentos quer sobre os seus efeitos letais, quer sobre todo um conjunto de efeitos subletais, que podem comprometer a capacidade dos referidos auxiliares regularem a densidade populacional das suas presas ou hospedeiros. Além disso é importante ter também em atenção eventuais efeitos favoráveis dos pesticidas nas populações das pragas (e.g. Cohen, 2006; Dutcher, 2007). Esta situação, a verificar-se, pode permitir-lhes escaparem à acção reguladora dos auxiliares, especial-

mente se as populações dos últimos forem afectadas negativamente pelo pesticida. A problemática apresentada é bem ilustrada pelos resultados da investigação realizada nos últimos anos sobre o efeito de insecticidas do grupo dos neonicotinóides nas populações de ácaros predadores fitoseídeos e na protecção biológica por eles exercida sobre ácaros tetraniquídeos. Os neonicotinóides foram introduzidos no mercado no início dos anos de 1990, sendo actualmente dos mais importantes grupos químicos usados contra insectos sugadores (Nauen *et al.*, 2001). Entre as vantagens que lhe foram atribuídas, refere-se o facto de serem considerados menos tóxicos para os auxiliares comparativamente aos organofosforados e carbamatos (Grafton-Cardwell *et al.*, 2005). Contudo, os resultados da investigação entretanto realizada mostram que, embora estes insecticidas frequentemente não causem mortalidade no curto prazo aos auxiliares, podem reduzir significativamente a sua fecundidade e prejudicar a capacidade de procura das suas presas/hospedeiros (e.g., Banken e Stark, 1998; Castagnoli *et al.*, 2005; Desneux *et al.*, 2007; Irigaray e Zalom, 2006; Kim *et al.*, 2006; Poletti *et al.*, 2007). No caso particular do imidaclopride verificou-se ainda que a exposição ao insecticida incrementa a fecundidade do aranhaço-vermelho, *Tetranychus urticae* Koch em cerca de 20% (James e Price, 2002). Em concordância com o exposto, resultados do estudo efectuado por Stavrinides e Mills (2009) em vinha, com o objectivo de avaliar o efeito de diferentes pesticidas na protecção biológica exercida pelo fitoseídeo *Galenromus occidentalis* (Nesbitt) sobre o tetraniquídeo *Tetranychus pacificus* McGregor, mostraram que a aplicação de imidaclopride pode levar à extinção das populações do predador e, conseqüentemente, ao agravamento dos ataques da praga.

No mesmo estudo, verificou-se que a buprofezina, classificada como neutra para *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot e *Amblyseius* spp. em ensaios laboratoriais (Blumel e Stolz, 1993; Hassan *et al.*, 1994) e ligeiramente perigosa para *P. persimilis* num

ensaio de semi-campo em que se utilizou a metodologia da OILBstrop (Hassan *et al.*, 1994), além de ter afectado negativamente de forma significativa a taxa de crescimento populacional de *G. occidentalis*, alterou a distribuição etária da população, no sentido da redução da percentagem de ovos e aumento da percentagem de imaturos. A distribuição etária da população do fitoseídeo também foi alterada pela exposição à metoxifenozida e à trifloxistrobina, embora no último caso se tenha traduzido na redução da percentagem de imaturos e adultos e incremento da percentagem de ovos. Como referido pelos mesmos autores, apesar de nem a metoxifenozida nem a trifloxistrobina terem influenciado nas taxas de crescimento do predador ou do fitófago, a alteração operada por estes pesticidas na estrutura etária de *G. occidentalis* pode levar ao aumento da sua susceptibilidade a subsequentes tratamentos e, a longo prazo, à redução da sua eficácia. Na verdade, como demonstrado por Starks *et al.* (2004), a estrutura etária da população aquando da exposição aos pesticidas influi de forma determinante na sua susceptibilidade, sendo que populações constituídas maioritariamente por imaturos (recém-nascidos ou ovos) são muito mais susceptíveis do que populações com a distribuição etária equilibrada. Esta diferença de susceptibilidade deve-se ao facto de ser necessário mais tempo para a população de indivíduos jovens atingir a fase reprodutiva do que a população mista na qual, ao mesmo tempo que alguns indivíduos se estão a reproduzir, outros aproximam-se da fase de reprodução.

As características toxicológicas e ecotoxicológicas das substâncias activas mencionadas, segundo PPDB: Pesticide Properties DataBase (sem data), constam dos Quadros 1 e 2. As frases de risco (Anexo 1), correspondentes às mesmas substâncias activas são: buprofezina: R50; R53; imidaclopride: R22; R50; R53; R43 e trifloxistrobina: R50; R53.

A buprofezina não consta da Lista de Produtos com Venda Autorizada em 2011 (Oliveira e Henriques, 2011). As restantes fazem, à data, parte dos pesticidas autorizados

Quadro 1 – Efeitos da buprofezina, imidaclopride, metoxifenoizida e trifloxistobina na saúde humana, segundo PPDB: Pesticide Properties DataBase

Efeito na saúde humana	Substância activa			
	buprofezina	imidaclopride	metoxifenoizida	trifloxistobina
Carcinogénico	?	×	×	×
Mutagénico	—	?	—	—
Disruptor endócrino	×	—	?	—
Efeitos na reprodução e desenvolvimento	?	✓	×	✓
Inibidor da acetilcolinesterase	×	×	×	×
Neurotóxico	×	?	×	×
Irritante para o tracto respiratório	×	×	—	—
Irritante para a pele	×	?	?	✓
Irritante para os olhos	×	?	?	×

- ✓ : Sim, sabe-se que causa problemas
 × : Não, sabe-se que não causa problemas
 ? : Possibilidade, não identificado
 — : Sem dados

Quadro 2 – Toxicidade da buprofezina, imidaclopride, metoxifenoizida e trifloxistobina para diferentes grupos de organismos, segundo PPDB: Pesticide Properties DataBase

Organismo	Substância activa			
	buprofezina	imidaclopride	metoxifenoizida	trifloxistobina
Mamíferos – toxicidade aguda oral LD ₅₀ (mg kg ⁻¹)	Baixa	Moderada	Baixa	Baixa
Aves - aguda LD ₅₀ (mg kg ⁻¹)	Moderada	Alta	Baixa	Moderada
Peixes - aguda 96 horas LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	Moderada	Baixa	Moderada	Alta
Invertebrados aquáticos - aguda 48 horas EC ₅₀ (mg l ⁻¹)	Moderada	Moderada	Moderada	Alta
Abelhas - aguda 48 horas LD ₅₀ (µg abelha ⁻¹)	Baixa	Alta	Moderada	Baixa
Outros artrópodos LR ₅₀ g ha ⁻¹	Tóxica	Tóxica	Neutra	Neutra a tóxica

em protecção integrada da vinha (DGADR, 2011); assim estavam disponíveis 12 produtos fitofarmacêuticos à base de imidaclopride, para combater a cigarrinha verde, um à base de metoxifenoziada, para combater a traça e dois à base de trifloxistrobina, para combater o oídio. Em relação, quer ao imidaclopride quer à trifloxistrobina, eram impostas restrições ao número de aplicações a realizar por ciclo cultural, que deveriam ser no máximo duas no primeiro caso e três no último (DGADR, 2011). A totalidade destes produtos fitofarmacêuticos foi classificada como nociva para o ambiente (N) (Quadro 3); já relativamente a outras características toxicológicas, há com frequência ausência de

informação (S) e nalguns casos também diversidade entre documentos, na informação facultada. Importa ainda salientar que o imidaclopride, aqui classificado como Perigoso (P) para as abelhas (Quadro 3) é considerado Muito Perigoso (MP) pela EFSA (2008).

Em relação a auxiliares, o imidaclopride é referido como sendo tóxico a muito tóxico para himenópteros, medianamente tóxico para coccinelídeos, crisopídeos e antocorídeos, e neutro a pouco tóxico para sirfídeos e fitoseídeos. A metoxifenoziada é considerada medianamente tóxica para antocorídeos, neutra a pouco tóxica para himenópteros e fitoseídeos, não existindo informação sobre os seus efeitos em coccinelídeos e sirfídeos.

Quadro 3 – Classificação toxicológica dos produtos fitofarmacêuticos autorizados para protecção integrada da vinha em Portugal, à base de imidaclopride, metoxifenoziada ou trifloxistrobina, segundo Félix e Cavaco (2009), DGADR (2011) e Oliveira e Henriques (2011)

Substância activa	Produto fitofarmacêutico	Classificação toxicológica					Frase de risco
		homem	ambiente	abelhas	organismos aquáticos	aves	
imidaclopride	Confidor O-TEQ	Xi	N	P	S	P	R41; R55
	Confidor Classic	S	N	P	S	P	R55
	Kohinor 20 SL	S	N	P	S	P	R55
	Couraze	S	N	P	S	P	R55
	Corsário	Xi	N	P	S	P	R36/38 R55
	Condor	S	N	P	S	P	R55; R37; R55
	Solar	S	N	P	S	P	SPe9
	Warrant 200 SL	S	N	P	S	P	SPe9
	Couraze WG	Xn	N	P	S	P	R22 SPe9
	Nuprid 200 SL	T	N	S	S	S	R61 R55
metoxifenoziada	Mastim	S	N	P	S	P	SPe9
	Neomax	S	N	S	S	S	SPe9
	Runner	Is	N	S	T	S	R51 R53
trifloxistrobina	Flint	Xi	N	S	T+	S	R43 R50/53
	Consist	Xi	N	S	S	S	R43 R50/53

Is – Isento; Xn – Nocivo; Xi – Irritante; T – tóxico; T+ – muito tóxico; N – Perigoso para o ambiente; P – Perigoso; S – sem informação

A trifloxistrobina é classificada como neutra a pouco tóxica para coccinelídeos, crisopídeos, antocorídeos, himenópteros e fitoseídeos, não existindo informação para sirfídeos (Félix e Cavaco, 2009).

NOTA FINAL

A análise da documentação publicada sobre o tema mostra que os efeitos dos pesticidas nos artrópodos são complexos, podendo ir desde a morte por toxicidade aguda a grande diversidade de efeitos subletais. Ao afectarem a taxa intrínseca de crescimento das populações (interferindo na duração do desenvolvimento, fecundidade, longevidade e/ou razão sexual) e/ou o comportamento dos indivíduos (ao nível da mobilidade geral, procura dos hospedeiros/presas e postura), os efeitos subletais dos pesticidas podem comprometer a capacidade dos entomófagos regularem as populações das pragas (Croft, 1990), pelo que deverão ser adequadamente ponderados em protecção integrada. O reconhecimento deste facto tem promovido diversas iniciativas no sentido de desenvolver métodos normalizados, expeditos mas seguros para quantificar tais efeitos, e poder incluí-los no processo de homologação dos pesticidas (Amaro, 2003). Apesar da complexidade do tema, há progressos evidentes no sentido de se alcançar este objectivo que, mais recentemente, se verificou ser necessário alargar a outros artrópodos não alvo além dos antagonistas dos inimigos das culturas, entre os quais as abelhas (Desneux *et al.*, 2007; Amaro, 2010 a; b), face ao reconhecimento da importância dos serviços ecológicos facultados por estes organismos (EPPO, 2003). Sob este ponto de vista, considera-se importante o contributo dado pelo Grupo de Trabalho ESCORT2 (*European Standard Characteristics of Nontarget Arthropod Regulatory Testing*) com a introdução do quociente de perigo (HQ) na avaliação do risco a que os organismos não alvo possam ser expostos depois do uso do pesticida. Contudo este quociente, que é calculado para duas

espécies padrão sensíveis, o himenóptero parasitóide *Aphidius rhopalosiphii* de Stefani-Perez e o ácaro predador *Typhlodromus pyri* Scheuten (EPPO, 2003), assenta ainda na toxicidade aguda do pesticida, ficando por quantificar potenciais efeitos subletais resultantes da sua aplicação (Desneux *et al.*, 2007).

Para aprofundar os conhecimentos sobre os efeitos dos pesticidas na regulação das populações dos inimigos das culturas pelos seus antagonistas naturais, há autores que defendem ser essencial a realização de estudos demográficos e o recurso à modelação (Acheampong e Stark, 2004., Stark *et al.*, 2004; Stark e Banks, 2003; Stark, 2005; Stark *et al.*, 2007). Apesar do seu interesse, os estudos demográficos, que assentam na construção de tabelas de vida, são laboriosos e dispendiosos (Stark *et al.*, 2007). Por outro lado, ao decorrerem em condições laboratoriais ou de semi-campo, não reflectem as condições de campo, designadamente a capacidade de recolonização das culturas pelos artrópodos. Acresce que também não permitem detectar eventuais perturbações induzidas pelos pesticidas na capacidade dos entomófagos localizarem as suas presas/hospedeiros, pelo facto de os dois grupos de organismos serem mantidos relativamente próximos, o que obriga à realização de ensaios paralelos destinados especificamente a avaliar esses efeitos (Desneux *et al.*, 2007).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaro P. (1982) – Glossário sobre protecção integrada. In: Amaro P. e Baggolini M. (Ed.) – *Introdução à protecção integrada*. Lisboa, FAO/DGPC, p. 257-268.
- Amaro P. (2003) – *A protecção integrada*. Lisboa, ISA/Press, 446 p.
- Amaro, P. (2009a) – Já há muito tempo que os pesticidas matam as abelhas. *O Apicultor*, 64: 29-40.
- Amaro, P. (2009b) – Pesticidas e abelhas na vinha. *O Apicultor*, 65: 15–22.
- Amaro, P. (2010a) – Progressos na investigação e na regulamentação da toxicidade dos

- pesticidas para as abelhas. *Vida Rural*, 1763: 38-40.
- Amaro, P. (2010b) – A defesa das abelhas no uso dos pesticidas em pomóideas. *In: Actas 2º Simp. Nac. Fruticult.*, Castelo Branco, Fev. 10, p. 272-283.
- Blumel, S. e Stolz, M. (1993) – Investigations on the effect of insect growth regulators and inhibitors on the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* A.H. with particular emphasis on cyromazine. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 100: 150–154.
- Butter, N.S.; Singh, G. e Dhawan, A.K. (2003) – Laboratory evaluation of the insect growth regulator lufenuron against *Helicoverpa armigera* in cotton. *Phytoparasitica*, 31: 200–203.
- Castagnoli, M.; Liguori, M.; Simoni, S. e Duso, C. (2005) – Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. *BioControl*, 50: 611 – 622.
- Cohen, E. (2006) – Pesticide-mediated homeostatic modulation in arthropods. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 85: 21–27.
- Croft, A.B. (1990) – *Arthropod biological control agents and pesticides*. New York, John Wiley, 723 p.
- Cullen, R.; Warner, K.D.; Jonsson, J. e Wratten, S.D. (2008) – Economics and adoption of conservation biological control. *Biological Control*, 45: 272–280.
- Desneux N.; Decourtye A. e Delpuech J-M (2007) – The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52: 81-106.
- DGADR - Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (2011) – *Atualização dos produtos fitofarmacêuticos permitidos em protecção integrada. Vinha*. Oeiras, DGADR, 20 p.
- Dutcher, J.D. (2007) – A review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM. *In: Ciancio, A. e Mukerji, K.G. (Eds.) – General Concepts in Integrated Pest and Disease Management*. Dordrecht, Springer, p. 27–43.
- EFSA, European Food Safety Authority (2008) – Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance imidaclopride. *EFSA Scientific Report*, 148, 1-120.
- EPPO, European and Mediterrean Plant Protection Organization (2003) – EPPO Standards. Environmental risk assessment scheme for plant protection products. PP 3/9 (revised). *EPPO Bulletin*, 33: 99 – 101.
- EU, European Union (2009) – Directive 2009/128/EC. Establishing a framework for community action to achieve the sustainable use of pesticides. *Official Journal of the European Union* L 309/71.
- Félix, A.P. e Cavaco, M. (2009) – *Manual de protecção fitossanitária para protecção integrada e agricultura biológica da vinha*. MADRP, DGADR, 98 p.
- Grafton-Cardwell, E.E., Godfrey, L.D., Chaney, W.E. e Bentley, W.J. (2005) – Various novel insecticides are less toxic to humans, more specific to key pests. *California Agriculture*, 59: 29–34.
- Hassan, S.A. (1985) – Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group ‘Pesticides and beneficial organisms’. *Bulletin OEPP/EPPO*, 15: 214–255.
- Hassan, S.A. Bigler, F. Bogenschutz, H. Boller, E. Brun, J. Calis, J.N.M. Coremanspelseneer, J. Duso, C., Grove, A. Heimbach, U. Helyer, N. Hokkanen, H. Lewis, G.B. Mansour, F. Moreth, L. Polgar, L. Samsøepetersen, L. Sauphanor, B. Staubli, A. Sterk, G. Vainio, A. Vandeveire, M. Viggiani, G. e Vogt, H. (1994) – Results of the 6th joint pesticide testing program of the IOBC/WPRS working group pesticides and beneficial organisms. *Entomophaga*, 39: 107–119.
- Holscher, J.A. e Barrett, B.A. (2003) – Effects of methoxyfenozide-treated surfaces on the attractiveness and responsiveness of adult codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Econ. Entomol.*, 96: 623–628.

- Irigaray, F.J.S. e Zalom, F.G., (2006) – Side effects of five new acaricides on the predator *Galendromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 38: 299–305.
- James, D.G. e Price, T.S. (2002) – Fecundity in twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) is increased by direct and systemic exposure to imidacloprid. *Journal of Economic Entomology*, 95: 729–732.
- Josan, A. e Singh, G. (2000) – Sublethal effects of lufenuron on the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus). *Ins. Sci. Applic.*, 20: 303–308.
- Jonsson, M.; Wratten, S. D.; Landis, D. A. e Gurr, G. M. (2008) – Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biological Control*, 45: 172–175.
- Kim, D.S., Brooks, D.J. e Riedl, H. (2006) – Lethal and sublethal effects of abamectin, spinosad, methoxyfenozide and acetamiprid on the predaceous plant bug *Deraeocoris brevis* in the laboratory. *BioControl*, 51: 465–484.
- Nash, M.A.; Hoffmann, A.A. e Thomson, L.J. (2010) – Identifying signature of chemical applications on indigenous and invasive nontarget arthropod communities in vineyards. *Ecological Applications*, 20:1693–1703.
- Nauen, R.; Ebbinghaus-Kintscher, U.; Elbert, A.; Jeschke, P. e Tietjen, K. (2001) – Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides. In: Ishaaya, I. (Ed.) – Biochemical Sites of Insecticides Action and Resistance. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, p. 77–105.
- Oliveira, A. B. e Henriques, M. (2011) – *Guia dos produtos fitofarmacêuticos. Lista dos produtos com venda autorizada*. Lisboa, MADRP, DGADR, 221p.
- PPDB: Pesticide Properties DataBase. University of Hertfordshire (s/data). Disponível em < <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/> >.
- Poletti, M.; Maia, A.H.N. e Omoto, C. (2007) – Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Biological Control*, 40: 30–36.
- Stark, J.D. (2005) – How closely do acute lethal concentration estimates predict effects of toxicants on populations? *Integrated Environ. Assess. Manage.*, 1: 109–113.
- Stark, J.D. e Banks, J.E. (2003) – Population level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology*, 48: 505–519.
- Stark, J.D.; Banks, J.E. e Acheampong, S. (2004) – Estimating susceptibility of biological control agents to pesticides: influence of life history strategies and population structure. *Biological Control*, 29: 392–398.
- Stark, J.D.; Sugayama, R.L. e Kovalesk, A. (2007) – Why demographic and modeling approaches should be adopted for estimating the effects of pesticides on biocontrol agents. *BioControl*, 52: 365–374.
- Stavrínides, M.C. e Mills, N.J. (2009) – Demographic effects of pesticides on biological control of Pacific spider mite (*Tetranychus pacificus*) by the western predatory mite (*Galendromus occidentalis*). *Biological Control*, 48: 267–273.
- Thomson, L.J. e Hoffmann, A.A. (2006) – Field validation of laboratory-derived IOBC toxicity ratings for natural enemies in commercial vineyards. *Biological Control*, 39: 507–515.
- Thomson, L.J. e Hoffmann, A.A. (2007) – Ecologically sustainable chemical recommendations for agricultural pest control? *Journal of Economic Entomology*, 100:1741–1750.

ANEXO**Anexo 1 - Frases de risco e segurança**

R22	Nocivo por ingestão	R51	Tóxico para organismos aquáticos
R36	Irritante para os olhos	R53	Pode causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático
R38	Irritante para a pele	R55	Tóxico para a fauna
R43	Pode causar sensibilização em contato com a pele	R61	Risco durante a gravidez com efeitos adversos na descendência, <i>Repr. Cat 1 ou 2</i>
R50	Muito tóxico para os organismos aquáticos	SPe9	Perigoso para aves