IMPACTO DAS PRINCIPAIS CLASSES DE AGROTÓXICOS UTILIZADAS MUNDIALMENTE SOBRE A APICULTURA

Carlos Amancio Caldas[1], Matheus Portela Pinho[2], Rodrigo Zaluski[3]

[1]Graduando em Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: carlosamanciosantos@gmail.com

[2]Graduando em Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: matheusportelapinho@hotmail.com

[3]Professor da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: rodrigo.zaluski@ufms.br

Resumo: A criação racional de abelhas *Apis mellifera* que caracteriza a apicultura é uma atividade de grande importância que contribui para o processo de polinização de cultivos agrícolas e da vegetação nativa, além de possibilitar a exploração de produtos apícolas de grande importância nutricional e farmacêutica. Atualmente, o aumento do uso de agrotóxicos que contaminam os recursos coletados pelas abelhas (néctar, pólen, água e resinas) tem prejudicado a manutenção de colônias manejadas, devido a efeitos tóxicos agudos e crônicos derivados da exposição das abelhas a essas moléculas. Os herbicidas, inseticidas e fungicidas estão entre as moléculas mais utilizadas na agricultura e podem ocasionar diferentes problemas quando contaminam as abelhas ou os recursos coletados por esses insetos. O objetivo do presente trabalho é realizar uma revisão bibliográfica abordando os principais prejuízos associados à exposição das abelhas melíferas a herbicidas, inseticidas e fungicidas. A redução do uso de agrotóxicos é essencial para reduzir os impactos negativos que essas moléculas ocasionam aos ecossistemas e a apicultura.

Palavras-chave: herbicidas, inseticidas, fungicidas, toxicidade, apicultura, efeitos crônicos

THE IMPACT OF THE MAIN CLASSES OF AGROCHEMICALS USED WORLDWIDE ON BEEKEEPING

Abstract: The rational breeding of *Apis mellifera* bees that characterize the beekeeping is an activity of high importance because contribute to pollination of agricultural crops and areas of native vegetation, and allows the exploration of bee products that have great nutritional and pharmaceutical importance. Currently, the growth in the pesticides use that contaminate the resources collected by bees (nectar, pollen, water and resins) has hampered the maintenance of managed colonies due to toxic acute and chronic effects derived from bee's exposure to these molecules. Herbicides, insecticides and fungicides are among the most widely used molecules in agriculture and can cause different troubles when they contaminate bees or the resources collected by these insects. The objective of the present work is to perform a review addressing the main damages associated with the exposure of honey bees to herbicides, insecticides and fungicides. The reduction of pesticide use is essential to reduce the negative impacts that these molecules to ecosystems and to beekeeping.

Keywords: herbicides, insecticides, fungicides, toxicity, beekeeping, chronic effects

INTRODUÇÃO

Com base na lei nº 7.802, de 11 de Julho de 1989, os agrotóxicos são definidos como produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas; nas pastagens, proteção de florestas nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas, além de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (Brasil, 2018).

Os agrotóxicos são classificados em função da sua finalidade de uso, de acordo com a ação do ingrediente ativo (que representa o agente químico, físico ou biológico que confere eficácia ao agrotóxico) sobre o organismos-alvo. Atualmente, os herbicidas, inseticidas, fungicidas são as classes de agrotóxicos mais utilizadas mundialmente, representando, respectivamente, 48, 25 e 22% do total utilizado; os acaricidas, reguladores e inibidores de crescimento representam as demais classes (5%) (Carneiro et al., 2015).

A intensificação da agricultura e as extensas áreas de monoculturas têm aumentado à incidência de pragas e doenças em cultivos agrícolas, tornando o uso de agrotóxicos cada vez mais intenso. Entretanto, a eficácia do uso dessas substâncias para o controle de pragas é limitado pela capacidade do desenvolvimento de resistência da maioria dos seus alvos: com a aplicação recorrente de ingredientes ativos, alguns indivíduos passam a sobreviver às aplicações e a sua reprodução torna o uso do agrotóxico ineficiente em pouco tempo (Carneiro et al., 2015; Pereira & Sousa, 2016).

O uso de agrotóxicos ocasiona a contaminação do ar, solo, das águas superficiais e subterrâneas que resultam em alterações na fauna, flora e desiquilíbrio ecológico. A utilização de agrotóxicos tem impactos diretos na manutenção de todos os polinizadores, incluindo as abelhas. Cerca de 25.000 espécies de abelhas já foram descritas; destas aproximadamente 6% são eusociais (vivem em sociedades) enquanto as demais espécies são solitárias ou cleptoparasitas. As abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.; ordem Hymenoptera; família Apidae) são abelhas eusociais que apresentam grande importância devido as suas características que permitiram adequação ao manejo e o desenvolvimento da apicultura (Danforth, 2007; Gupta, 2014). Atualmente, essas abelhas são criadas mundialmente e desempenham papel fundamental para atender a demanda de polinização comercial (cuja demanda triplicou nos últimos 50 anos) (Goulson et al., 2015). Cerca de 84% das culturas agrícolas de importância econômica e alimentar são dependentes da polinização (Kremen et al., 2007; Gallai et al., 2009). Além disso, as abelhas possuem grande valor na apicultura, possibilitando a produção de mel, pólen, própolis, cera, geleia real e apitoxina; e geração de emprego e renda a milhares de apicultores.

O uso de agrotóxicos contamina o néctar, pólen, água e resinas, que são recursos fundamentais para a manutenção das abelhas; o néctar e pólen são coletados para suprir as necessidades da colônia e garantir o estoque desses alimentos para períodos de escassez de floradas. A intensa capacidade de forrageamento das abelhas melíferas torna esses insetos especialmente susceptíveis à exposição a agrotóxicos. As abelhas melíferas podem coletar recursos a mais de 9,5 km das colmeias, com uma distância média de forrageamento de 5,5 km (Beekman & Ratnieks, 2000). Dessa forma, as abelhas são importantes bioindicadores de contaminação, pois podem coletar e acumular recursos contaminados em uma ampla área no entorno da colônia (Devillers, 2002).

Em campo, as abelhas podem ser expostas aos agrotóxicos por contato direto, indireto ou por ingestão (Sanchez-Bayo & Goka, 2014). A exposição por contato direto ocorre quando as abelhas forrageiam em uma área durante a aplicação de um agrotóxico; na exposição por contato indireto e ingestão, as abelhas coletam recursos florais (néctar e pólen) ou água contaminados em uma área previamente tratada. A toxicidade e a persistência dos agrotóxicos no ambiente após sua aplicação são específicas para cada molécula e dependem das doses utilizadas e das condições climáticas. A dispersão de poeira contaminada com inseticidas sistêmicos que são usados durante a semeadura de culturas para áreas de vegetação silvestre foi comprovada (Girolami et al., 2011); assim como a presença desses inseticidas na gutação de folhas em culturas que tiveram suas sementes tratadas (Girolami et al., 2009) e em poças d'água em campos tratados (Samson-Robert et al., 2014). A coleta de recursos contaminados

em plantas nativas que crescem próximo a áreas tratadas com agrotóxicos também é importante via de exposição crônica dos polinizadores (Botías et al., 2015; Long & Krupke, 2016).

Um dos parâmetros utilizados na mensuração da toxicidade dos agrotóxicos para as abelhas é a determinação da DL50 (Dose Letal Média). Esse parâmetro determina a quantidade de um i.a. capaz de matar 50% da população exposta por ingestão ou contato a um produto, geralmente em um período de 24 ou 48h (Devillers, 2002). Os primeiros testes de toxicidade de agrotóxicos para abelhas foram desenvolvidos em 1960; anteriormente, os efeitos nocivos dessas substâncias aos polinizadores eram ignorados, não havendo restrições para seu uso (Cluzeau, 2002).

Com base na toxicidade dos agrotóxicos, a exposição das abelhas a agrotóxicos pode ser aguda ou crônica. Quando os recursos coletados pelas abelhas apresentam concentrações de agrotóxicos superiores ou iguais a DL50, ocorre à contaminação aguda das abelhas, o que provoca sua mortalidade em curto espaço de tempo. Já, na exposição crônica quando as abelhas são expostas a doses subletais (inferiores a DL50), a alta mortalidade não é esperada; no entanto, diversas alterações comportamentais, bioquímicas, fisiológicas e neurológicas podem ocorrer, comprometendo o bem estar e a manutenção das colônias (Johnson, 2015; Sanchez-Bayo & Goka, 2016).

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão dos principais impactos ocasionados pela exposição de abelhas a herbicidas, inseticidas e fungicidas, que representam as principais classes de agrotóxicos utilizadas mundialmente.

DESENVOLVIMENTO

Impacto de herbicidas para abelhas melíferas

Os herbicidas representam a classe de agrotóxicos mais utilizada mundialmente (Carneiro et al., 2015). Com a implantação das estratégias de plantio direto (onde novas culturas são implantadas diretamente sobre a palhada após o controle de ervas daninhas com a aplicação de herbicidas) e de cultivos transgênicos que resistem à aplicação dessas moléculas, o uso de herbicidas nos últimos anos teve aumento exponencial (Gianessi, 2013).

Durante muito tempo, os herbicidas foram classificados como seguros para as abelhas, entretanto, atualmente esse conceito vem sofrendo alterações. O uso de herbicidas reduz a disponibilidade de flores silvestres (principalmente gramíneas e vegetação rasteira) que crescem no entorno de plantações e representam importantes fontes de alimentos (néctar e pólen) para as abelhas em alguns períodos. Essa redução de fontes florais prejudica a disponibilidade e a diversidade de alimento para as abelhas e pode prejudicar a manutenção desses insetos (Bretagnolle & Gaba, 2015; Requier et al. 2015).

Herbert et al. (2014) demonstraram que abelhas expostas a doses subletais de glifosato (herbicida mais utilizado mundialmente) apresentam redução a sensibilidade ao açúcar e redução da capacidade de aprendizagem. Além disso, Balbuena et al. (2015) demonstraram que abelhas expostas a herbicidas apresentam alterações na navegação, prejudicando seu retorno as colmeias. Estudos adicionais para melhor compreensão das implicações da exposição das abelhas a herbicidas devem ser realizados para melhor avaliação dos riscos que essas moléculas representam às abelhas e a manutenção de suas colônias.

Impacto de inseticidas para abelhas melíferas

Os inseticidas representam a classe de agrotóxicos que são frequentemente associados aos maiores prejuízos causados aos polinizadores, devido à alta toxicidade dessas moléculas (Cluzeau, 2002). Existem diversas classes de inseticidas que incluem os organofosforados, organoclorados, carbamatos, piretroides, fenilpirazois e neonicotinoides (Irac, 2018).

Grande parte dos inseticidas (aproximadamente 90%) apresenta ação direta sobre o sistema nervoso central dos insetos, afetando a transmissão dos impulsos nervosos (Dowson, 1977). A condução do impulso nervoso ao longo das células nervosas é dependente da concentração dos íons Na^+, K^+ e Cl^-; entretanto, para que os estímulos nervosos serem propagados de uma célula para outra (sinapses) é necessária ação de neurotransmissores. A acetilcolina e o ácido gama-aminobutírico (GABA) são os principais neurotransmissores dos insetos e são comumente alvos dos inseticidas. Geralmente os inseticidas levam a hiperexcitação do sistema nervoso central (devido à competição com os neurotransmissores, impedindo a transmissão do impulso nervoso normal ou inibindo a ação de enzimas que interrompem a transmissão dos impulsos nervosos) ou alterando a permeabilidade da membrana dos axônios da célula nervosa. Essas alterações provocam alterações comportamentais, tremores, letargia, alterações comportamentais, culminando na morte do inseto (Bovi, 2013).

Os demais grupos de inseticidas atuam em processos metabólicos (inibindo o transporte de elétrons e a síntese de ATP) ou na desintegração do mêsentero, devido à ação de proteínas inseticidas, encontradas em plantas transgênicas, que desintegram a membrana do intestino médio dos insetos (Irac, 2018).

O efeito de inseticidas em abelhas melíferas é bem estudado, sendo relatados efeitos adversos em abelhas operárias, zangões e rainhas. A exposição individual das abelhas a altas doses dessas moléculas (iguais ou superiores a DL50) ocasiona a mortalidade imediata desses polinizadores; além disso, colmeias expostas diretamente à aplicação de inseticidas podem ser dizimadas em pouco tempo. Já a exposição crônica das abelhas a essas moléculas causa intensas alterações morfológicas, fisiológicas e comportamentais, que prejudicam as abelhas individualmente e afetam a manutenção das colônias em longo prazo (Thompson, 2003; Singh, 2012; Sanchez-Bayo & Goka, 2016).

A exposição crônica das abelhas operárias a inseticidas compromete a coleta de recursos para a colônia por afetar a capacidade cognitiva, olfativa, a comunicação e orientação; ocasiona alterações comportamentais (tremores, paralisia, desorientação); reduz a longevidade das abelhas adultas e sua capacidade de locomoção; prejudica o desenvolvimento das larvas, causa malformações e aumenta a mortalidade; reduz a expressão de genes do sistema imunológico e de detoxicação; além de aumentar a susceptibilidade das abelhas a doenças e parasitas (Bernadou et al., 2009; Oliveira et al., 2014; DeGrandi-Hoffman et al., 2015; Frazier et al., 2015; Zaluski et al., 2015; Sanchez-Bayo & Goka, 2016). A exposição das abelhas operárias a inseticidas também aumenta a taxa de apoptose em células nervosas e ocasiona a inibição da bioenergética mitocondrial, resultando na redução da síntese de adenosina trifosfato (ATP) (Nicodemo et al., 2014).

O aumento da ocorrência de apoptose em células do intestino médio também foi observado em abelhas expostas a inseticidas e esse fator pode reduzir a digestão e absorção de nutrientes das dietas levando a imunossupressão (devido à falta de nutrientes para manutenção da atividade do sistema imunológico) (da Silva Cruz et al., 2010; Oliveira et al., 2014). Alterações no desenvolvimento de glândulas mandibulares e hipofaringeanas que são responsáveis pela secreção de geleia real também foram observadas em abelhas nutrizes expostas a doses subletais de inseticidas (Zaluski, 2017; Zaluski et al., 2017). Estudos demonstraram também que a exposição das abelhas a inseticidas ocasiona alterações na expressão de proteínas relacionadas à susceptibilidade a patógenos, estresse, apoptose, aprendizagem visual, formação de sinapses, degeneração neural, memória e aprendizado (Roat et al., 2014).

Em zangões, estudos demonstraram que sua exposição a doses subletais de inseticidas leva a redução da concentração e viabilidade de espermatozoides, além de aumento da mortalidade dos espermatozoides (Straub et al., 2016). Rainhas inseminadas com esperma de zangões expostos a inseticidas demonstraram menor número e viabilidade de espermatozoides na espermateca, demonstrando os efeitos negativos da exposição a inseticidas sobre a fertilidade e reprodução das abelhas (Williams et al., 2015; Wu-Smart & Spivak, 2016).

Em relação aos efeitos de inseticidas em rainhas, estudos já demonstraram menor taxa de criação de realeiras e redução da emergência de rainhas (Sandrock et al., 2014). Rainhas expostas a inseticidas durante o desenvolvimento larval apresentam menor peso total e comprometimento dos ovários, afetando diretamente a manutenção das colônias (Haarmann et al., 2002). Colônias expostas a inseticidas trocam suas rainhas com maior frequência, entretanto, os motivos que causam esse fenômeno ainda são pouco compreendidos (Sandrock et al., 2014).

Impacto de fungicidas para abelhas melíferas

Os fungicidas apresentam baixa toxicidade aguda para abelhas adultas e geralmente são aplicados em diversas culturas, de maneira preventiva ou curativa, podendo contaminar os recursos coletados pelas abelhas, principalmente devido a não possuírem restrições de aplicação durante a floração (Pettis et al., 2013; Johnson, 2015). A falta de restrições para a aplicação de fungicidas contribui para ampla detecção desses agrotóxicos em colmeias. Alguns fungicidas podem provocar efeito de repelência, diminuindo a atividade de forrageamento das abelhas logo após sua aplicação em uma cultura. Entretanto, após os acaricidas que são aplicados diretamente em colmeias para controle do ácaro *Varroa destructor*, os fungicidas representam a classe de agrotóxicos mais detectados em produtos da colmeia (Mullin et al., 2010).

Poucos estudos avaliaram a ocorrência de alterações fisiológicas e comportamentais em abelhas expostas a fungicidas. Muitos fungicidas comprometem a função mitocondrial das células, afetando a síntese de ATP (esse é o principal mecanismo de ação dessas moléculas para inibir o crescimento e erradicar fungos) (Arnoult et al., 2009) Os fungicidas também podem inibir enzimas ligadas à síntese de ATP em animais e afetar diversas estruturas biológicas, prejudicando a síntese de proteínas e ácidos nucleicos, afetando a estrutura e função da membrana celular, transdução de sinais, respiração, mitose e divisão celular (Yang et al., 2011)

Os efeitos da exposição das abelhas a fungicidas são geralmente mais visíveis em abelhas em desenvolvimento (crias) (Mussen et al., 2004; Zhu et al., 2014). A exposição de larvas a dieta contaminada com fungicidas em doses ambientalmente relevantes pode ocasionar defeitos morfogênicos e aumento da mortalidade, comprometendo o desenvolvimento de abelhas adultas. Estudos já demonstraram que fungicidas podem reduzir a emergência de rainhas e comprometer a imunidade desses insetos, aumentando a titulação de vírus (DeGrandi-Hoffman et al., 2013; DeGrandi-Hoffman et al., 2015).

Alterações no desenvolvimento de glândulas mandibulares e hipofaringeanas também foram observadas em abelhas operárias nutrizes expostas a doses subletais de fungicidas (Zaluski, 2017; Zaluski et al., 2017). O uso de fungicidas também pode prejudicar a manutenção de fungos benéficos, responsáveis pela preservação e digestão do pólen da colônia, reduzindo o valor nutricional desse alimento para as abelhas (Yoder et al., 2013). De maneira geral, a exposição de colmeias de abelhas a fungicidas causa seu enfraquecimento, afeta a criação de larvas e aumenta a susceptibilidade a doenças, podendo levar ao colapso da colônia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exposição de abelhas a agrotóxicos pode levar a uma série de alterações que afetam o comportamento, longevidade, função imune, desenvolvimento populacional, reprodução, nutrição, aprendizagem e memória, além de ocasionar diversas alterações morfofisiológicas que comprometem sua manutenção, prejudicando diretamente a apicultura. A redução do uso de agrotóxicos e da exposição das abelhas a essas substâncias são essenciais para garantir sua manutenção e sanidade, de forma a garantir os serviços de polinização e o maior desenvolvimento da apicultura.

LITERATURA CITADA

ARNOULT, D.; CARNEIRO, L.; TATTOLI, I. et al. The role of mitochondria in cellular defense against microbial infection. Semin. Immunol., v. 21, n. 4, p. 223-232, 2009.
BALBUENA, M.S.; TISON, L.; HAHN M.L. et al. Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. The Journal of Experimental Biology, v.218, p.2799-2805, 2015.
BEEKMAN, M.; RATNIEKS, F.L.W. Long-range foraging by the honey-bee, Apis mellifera L. Functional Ecology, v.14, n.4, p.490-496, 2000.
BOTÍAS, C.; DAVID, A.; HORWOOD, J. et al. Neonicotinoid residues in wildflowers, a potential route of chronic exposure for bees. Environmental Science & Technology, v.49, p.12731-12740, 2015.
BOVI, T.S. Toxicidade de inseticidas para abelhas Apis mellifera L. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2013. 55 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2013.
BRASIL. Lei Nº 7.802 de 11/07/1989 (Lei dos agrotóxicos). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm>. Acesso em: 21/10/2018.
BRETAGNOLLE, V.; GABA, S. Weeds for bees? A review. Agronomy for Sustainable Development, v.35, p.891–909, 2015.
CARNEIRO, F.F.; RIGOTTO, R.M.; FRIEDRICH, K. et al. Dossiê Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015. 624 p.
CLUZEAU, S. Risk assessment of plant protection products on honey bees: regulatory aspects. In: DEVILLERS, J.; PHAM-DELÉGUE, M-H. (Org.). Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals. London: Taylor & Francis, 2002. p.46-59.
DA SILVA CRUZ, A.; DA SILVA-ZACARIN; E.C., BUENO, O.C. et al. Morphological alterations induced by boric acid and fipronil in the midgut of worker honeybee (Apis mellifera L.) larvae: morphological alterations in the midgut of A. mellifera. Cell Biology and Toxicology, v.26, p.165-176, 2010.
DANFORTH, B. Bees - a primer. Current Biology, v.17, n.5, p.R156-R161, 2007.
DEGRANDI-HOFFMAN, G.; CHEN, Y.; DEJONG, E.W. et al. Effects of oral exposure to fungicides on honey bee nutrition and virus levels. Journal of Economic Entomology. v.108, p. 2518-28, 2015.
DEGRANDI-HOFFMAN, G.; CHEN, Y.; SIMONDS, R. The effects of pesticides on queen rearing and virus titers in honey bees (Apis mellifera L.). Insects, v.4, p.71-89, 2013.
DEVILLERS, J. Acute toxicity of pesticides to honey bees. In: DEVILLERS, J.; PHAM-DELÉGUE, M-H. (Orgs.) Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals. London: Taylor & Francis, 2002. p. 56-66.
DOWSON, R.J. An introduction to the principles of neurophysiology. Pesticide Science, v.8, n.6, p.651-660, 1977.
GALLAI, N; SALLES, M.; SETTELE, J.J. et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecological Economics, v.68, p.810-821, 2009.
GIANESSI, L.P. The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. Pest Management Science, v.69, p.1099–1105, 2013.
GIROLAMI, V; MARZARO, M.; VIVIAN, L. et al. Fatal powdering of bees in flight with particulates of neonicotinoids seed coating and humidity implication. Journal of Economic Entomology, v.136, n.1-2, p.17-26, 2011.
GIROLAMI, V.; MAZZON, L.; SQUARTINI, A. et al. Translocation of neonicotinoid insecticides from coated seeds to seedling guttation drops: a novel way of intoxication for bees. Journal of Economic Entomology, v.102, n.5, p.1808-1815, 2009.
GOULSON, D.; NICHOLLS, D; BOTIAS, C. et al. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. Science, v.347, n.1255957, 2015.
GUPTA, R.K. Taxonomy and distribution of different honeybee species. In: GUPTA, R. K. et al. (Ed.). Beekeeping for poverty alleviation and livelihood security. Netherlands: Springer, 2014. p.63-103.

HAARMANN, T.; SPIVAK, M.; WEAVER, D. Effects of fluvalinate and coumaphos on queen honey bees (Hymenoptera: Apidae) in two commercial queen rearing operations. Journal of Economic Entomology, v.95, p.28-35, 2002.
HERBERT, L.T.; VASQUEZ, D.E.; ARENAS, A. et al. Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour. Journal of Experimental Biology, v.217, p.3457-3464, 2014.
IRAC - Insecticide Resistance Action Committee. Disponível em: <http://www.irac-online.org/modes-of-action/>. Acesso em 22/10/2018.
JOHNSON, R. M. Honey bee toxicology. Annual Reviews, v.60, p.415-434, 2015.
KREMEN, K.; WILLIANS, N.M.; AIZEN, M.A. et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. Ecology Letters, v.10, n.4, p.299-314, 2007.
LONG, E.Y.; KRUPKE, C.H. Non-cultivated plants present a season-long route of pesticide exposure for honey bees. Nature Communications, v.7, n.11629, p.1-12, 2016.
MULLIN, C.A.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J.L. et al. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. PLoS One, v.5, n.3, p.e9754, 2010.
MUSSEN, E.C.; LOPEZ, J.E.; PENG, C.Y.S. Effects of selected fungicides on growth and development of larval honey bees, Apis mellifera L. (Hymenoptera: Apidae). Environmental Entomology, v.33, n.5, p.151-1154, 2004.
NICODEMO, D.; MAIOLI, M.A.; MINGATTO, F.E. et al. Fipronil and imidacloprid reduce honeybee mitochondrial activity. Environmental Toxicology and Chemistry, v.33, n.9, p.2070-2075, 2014.
OLIVEIRA, R.A.; ROAT, T.C.; CARVALHO, S.M. et al. Side-effects of thiamethoxam on the brain and midgut of the Africanized honeybee Apis mellifera (Hymenopptera: Apidae). Environmental Toxicology, v.29, p.1122-1133, 2014.
PEREIRA, L.P.; SOUSA, R.A.D. O uso intensivo de agrotóxicos: a nova face da questão agrária. Revista Okara, v.10, n. 1, p. 185-194. 2016.
PETTIS, J.S; LICHTENBERG, E.M; ROSE, S., et al. Crop pollination exposes honey bees to pesticides which alters their susceptibility to the gut pathogen Nosema ceranae. PLoS One, v.8, n.7, p.e70182, 2013.
REQUIER, F.; ODOUX, J.F; TAMIC, T. Honey-bee diet in intensive farmland habitats reveals an unexpected flower richness and a critical role of weeds. Ecological Applications, v.25, n.4, p.881-90, 2015.
ROAT, T.C.; PALMA, M.S.; SANTOS, K.S. et al. Modification of the brain proteome of Africanized honeybees (Apis mellifera) exposed to a sub-lethal doses of the insecticide fipronil. Ecotoxicology, v.23, p.1659-1670, 2014.
SAMSON-ROBERT, O. Neonicotinoid-contaminated puddles of water represent a risk of intoxication for honey bees. PLoS One, v.9, n.12, p.e108443, 2014.
SANCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Impacts of pesticides on honey bees. In: E. D. Chambo (Ed.) Beekeeping and bee conservation - Advances in research. Rijeka: In Tech, 2016. p.77-97.
SANCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Pesticide residues and bees - a risk assessment. PLoS One, v.9, n.4, p. e94482, 2014.
SANDROCK, C.; TANADINI, M.; TANADINI, G.N. et al. Impact of chronic neonicotinoid exposure on honeybee colony performance and queen supersedure. Plos One, v.9, p.e103592, 2014.
SINGH, D.K. Toxicology: Agriculture and environment: Pesticide chemistry and toxicology. Bentham Science Publishers. 2012. Doi: 10.2174/97816080513731120101
STRAUB, L.; VILLAMAR-BOUZA, L.; BRUCKNER, S. et al. Neonicotinoid insecticides can serve as inadvertent insect contraceptives. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, v.283, n. 20160506, p.1-8, 2016.
THOMPSON, H.M. Behavioural effects of pesticides in bees–their potential for use in risk assessment. Ecotoxicology, v.12, n.1-4, p.317-30, 2003.

WILLIAMS, G.R.; TROXLER, A.; RETSCHNIG, G. et al. Neonicotinoid pesticides severely affect honey bee queens. Scientific Reports, v.5, n.14621, 2015.
WU-SMART, J.; SPIVAK, M. Sub-lethal effects of dietary neonicotinoid insecticide exposure on honey bee queen fecundity and colony development. Scientific Reports, v.6, n.32108, 2016.
YANG, C.; HAMEL, C.; VUJANOVIC, V. et al. Fungicide: modes of action and possible impact on nontarget microorganisms. ISRN Ecology, v.2011, n.130289, p.1-8, 2011.
ZALUSKI, R. Efeito de dose subletal de fipronil e piraclostrobina, isoladas ou associação, na morfologia de glândulas e proteoma da cabeça de abelhas Apis mellifera L. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2017. 155 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2017.
ZALUSKI, R.; JUSTULIN, L.A. JR.; ORSI, R.O. Field-relevant doses of the systemic insecticide fipronil and fungicide pyraclostrobin impair mandibular and hypopharyngeal glands in nurse honeybees (Apis mellifera). Scientific Reports, v.7, n.15217, 2017.
ZHU, W.; SCHMEHL, D.R.; MULLIN, C.A. et al. Four common pesticides, their mixtures and a formulation solvent in the hive environment have high oral toxicity to honey bee larvae. PLoS One, v.9, n.1, p.e77547, 2014.