

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ANA PAULA PELLEZ EICH

**HISTÓRICO DE USO E AÇÃO DE AGROQUÍMICOS SOBRE ABELHAS DA
ESPÉCIE *Apis mellífera***

São Gabriel, RS

2015

ANA PAULA PELLEZ EICH

**HISTÓRICO DE USO E AÇÃO DE AGROQUÍMICOS SOBRE ABELHAS DA
ESPÉCIE *Apis mellifera***

Dissertação apresentada ao Curso de Graduação Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Juliano Tomazzoni Boldo

**São Gabriel
2015**

ANA PAULA PELLEZZ EICH

**HISTÓRICO DE USO E AÇÃO DE AGROQUÍMICOS SOBRE ABELHAS DA
ESPÉCIE *Apis mellifera***

Dissertação apresentada ao Curso de Graduação Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Juliano Tomazzoni Boldo

Dissertação Defendida e aprovada em:
Banca examinadora:

Prof. Dr. Juliano Tomazzoni Boldo
Orientador
Biotecnologia – UNIPAMPA

Prof. Dr. Andrés Delgado Cañedo
Biotecnologia – UNIPAMPA

Prof. Dr. Paulo Marcos Pinto
Biotecnologia - UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Juliano Boldo pela contribuição, orientação e oportunidade de poder trabalhar em seu grupo de pesquisa no Laboratório, por ter aceito me orientar acreditando em meu potencial e por suas sugestões que me ajudaram muito para a realização deste trabalho e com certeza para os próximos, e principalmente por sua paciência durante esse tempo.

Aos meus colegas de curso, de laboratório e de empresa pela paciência e credibilidade.

A toda minha família em especial meus pais Amauri Pedro Eich e Neusa Terezinha Pellenz Eich pelo amor, alegria, exemplo, ensinamento e principalmente ao meu esposo Rafael Cabreira Severo, pela paciência, atenção e apoio durante esses anos, que mesmo com minhas incertezas sempre estiveram ao meu lado para que eu não desistisse dos meus sonhos.

A todos que de alguma forma contribuíram nessa minha caminhada e que se orgulham do meu crescimento, meus sinceros agradecimentos.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.

Isaac Newton

“Não nos surpreendemos com a raridade de uma espécie, mas ficamos chocados com o seu desaparecimento; é como admitir que a doença é o prelúdio da morte e não se sentir surpreso diante da doença, mas apenas com a morte da pessoa doente, não atribuindo o falecimento ao mal de que ela sofria, mas a algum ato desconhecido de violência.”

Charles Darwin

RESUMO

As diversas espécies de abelhas existentes representam mais de 70 % dos polinizadores das plantas cultivadas e, portanto, são responsáveis por grande parte da polinização das áreas agrícolas, sendo extremamente importantes para a produção de sementes e frutos. Dentre estas espécies, *Apis mellifera* é a principal espécie utilizada. Características como a sociabilidade, a baixa defensibilidade, a menor amplitude de voo de forrageamento e a perenidade das colônias, a torna apta para essa finalidade, o que possibilita, inclusive, o aluguel de colônias de *A. mellifera* para polinização de diversos cultivares. Contudo, estes insetos são sensíveis ao uso de defensivos agrícolas, como inseticidas e fungicidas, sendo o envenenamento das mesmas um dos grandes problemas para os apicultores. Os efeitos da aplicação desses defensivos podem gerar contaminação do mel, mutação gênica, morte das abelhas e possível extinção da espécie. O presente trabalho revisa as informações disponíveis na literatura sobre os efeitos sub-letais de pesticidas aos agentes polinizadores, particularmente nas abelhas melíferas, na perspectiva de se interpretar e correlacionar os dados levantados, evidenciando os sintomas do envenenamento das abelhas e apontando para a necessidade de monitoramento das aplicações de defensivos agrícolas e da origem e qualidade dos produtos apícolas.

Palavras-chave: abelhas, polinizadores, agrotóxico, *Apis mellifera*

ABSTRACT

The various species of bees account for over 70% of pollinators of crops and therefore are responsible for much of the pollination of agricultural areas, being extremely important for the production of seeds and fruits. Among these species, *Apis mellifera* is the main species used. Characteristics such as sociability, low defensibility, the smaller range of foraging flight and the sustainability of the colonies, makes it able for this purpose, which enables even the rent of *Apis mellifera* colonies for pollination of many crops. However, these insects are sensitive to the use of agrochemicals, such as insecticides and fungicides, and poisoning represents the main problem for beekeepers. The effects of these pesticides are contamination of honey, gene mutation, death of bees and possible species extinction. This paper reviews the information available in the literature on the sub-lethal effects of pesticides to pollinators, particularly in honey bees, with a view to interpret and correlate the data collected, evidencing the symptoms of bee poisoning and pointing to the need for monitoring of applications of pesticides and the origin and quality of bee products.

Keywords: bees, pollinators, pesticides, *Apis mellifera*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. HISTÓRICO DO USO DE AGROQUÍMICOS NO BRASIL	11
3. INTRODUÇÃO DE <i>Apis mellifera</i> NO BRASIL	21
3.1 Abelhas como bioindicadores	23
4. EFEITOS DO PESTICIDA SOBRE AS ABELHAS	27
4.1 Organoclorados.....	29
4.2 Organofosforados e Carbamatos.....	29
4.3 Piretroides.....	31
4.4 Neonicotinoides.....	32
4.5 Azadirachtin e Reguladores do Crescimento	33
4.6 Fungicidas e Herbicidas.....	34
4.7 Sintomas das abelhas envenenadas	35
4.8 Presença de Pesticida no Mel.....	37
5. DECLÍNIO DE POLINIZADORES E USO IRRACIONAL DE AGROQUÍMICOS	40
5.1 Uso de agroquímicos no Rio Grande do Sul.....	41
6 CONCLUSÃO	43
REFERENCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

Cerca de 80% das 240.000 espécies de plantas com flores já identificadas dependem da autopolinização e da polinização, seja ela conduzida pelo vento, pela água ou por animais, como algumas aves, morcegos, insetos dentre outros. As abelhas no geral, são consideradas os principais polinizadores e responsáveis pela polinização de aproximadamente 70% das culturas cultivadas no mundo (FAO, 2004, RICKETTS *et al.*, 2008).

As abelhas são animais que sobrevivem por meio da coleta de pólen, néctar, água e resina para sua colônia. Assim, necessitam que todas as fontes desses recursos sejam puras e isentas de contaminantes, como por exemplo os agroquímicos. O comportamento de coleta dessas abelhas é fundamental para a manutenção da colônia, porém, propicia sua exposição à contaminação e risco de morte em áreas onde tenham sido aplicados produtos fitossanitários (WOLFF, 2008).

A qualidade da produção agrícola sempre foi intensamente afetada pelo aparecimento de formas de vida indesejáveis ao agricultores, tais como insetos e ervas daninhas. Desta forma, tornou-se necessária a utilização de agroquímicos ou pesticidas de diversas classes químicas (JONATAN, 1989 citado por COUTINHO *et al.*, 2005). Na tentativa de resolver estes problemas, os agroquímicos têm sido aplicados de forma indiscriminada devido às próprias características culturais do trabalhador rural, como a falta de capacitação profissional, de assistência técnica e propaganda enganosa (COUTINHO *et al.*, 2005). Os pesticidas que são usados para eliminar pragas nas plantações podem ser perigosos para as abelhas bem como para outros insetos benéficos como borboletas, besouros, mosquitos e bicho-da-seda, entre outros, considerados seres vivos importantes na manutenção do equilíbrio ecológico. Dentre as substâncias consideradas, os inseticidas são os mais tóxicos para as abelhas, podendo levar à perda de colmeias inteiras. O envenenamento da abelha é um dos principais problemas para os apicultores no mundo todo. (ARAÚJO *et al.*, 2004).

Os incidentes de envenenamento das abelhas são causados principalmente pelos tratamentos realizados em pomares, vinhedos, em áreas de colheitas de cereais e, ainda, pela poluição do ar devido à ação do vento na plantação (PORRINI

et al., 2003), que pode se dar por contato, ingestão durante a visita as flores e durante eventual fumigação. A ação do inseticida que ocorre com maior frequência nas abelhas se dá pela absorção desses produtos por meio dos espiráculos, principalmente na época de florescimento das culturas. (MALASPINA & STORT, 1985).

Os inseticidas podem agir diretamente no sistema nervoso, com paralisia das pernas, asas e trato digestivo. Com isso, elas deixam de beber água e se alimentar e, conseqüentemente, morrem de fome ou por dessecação (MALASPINA & STORT, 1985). Estudos de seletividade/toxicidade de produtos fitossanitários com abelhas, especificamente, ocorrem na maioria das vezes com indivíduos adultos, em função de seu comportamento social e a dificuldade em reproduzir e manter vivas as fases jovens dessa espécie (STEPHAN, 2006).

Além de inseticidas, os agroquímicos são divididos em outras classes, dentre as quais se podem citar herbicidas, fungicidas, acaricidas, algicidas, larvicidas, que também podem afetar as abelhas, mesmo que de forma indireta. Suas funções básicas na agricultura incluem a elevação da produção com aumento da produtividade, a melhoria da qualidade dos produtos e a redução do trabalho e gastos com energia. No entanto, o uso indiscriminado e pouco criterioso de agroquímicos causou e continua causando danos para o ambiente e para a saúde humana (COUTINHO *et al.*, 2005).

O problema surge, principalmente, quando há a necessidade de pulverizar-se as pragas que atacam as colheitas na floração, matando as abelhas quando aplicados diretamente nelas. Assim, aplicações de pesticidas nesta etapa do desenvolvimento do vegetal prejudica as abelhas. Além disso, os grãos de pólen tendem a não germinar nas superfícies do estigma com excesso de água e, portanto, sugere-se não pulverizar a plantação quando pólen fresco está sendo depositado nas flores (MUSSEN, 1996).

Este trabalho revisa as informações disponíveis na literatura sobre os efeitos sub-letais de pesticidas aos agentes polinizadores, particularmente nas abelhas da espécie *Apis mellifera*, na perspectiva de se interpretar e correlacionar os dados levantados, evidenciando o uso de agroquímicos, os sintomas do envenenamento das abelhas e do mel, além de apontar para a necessidade de monitoramento das aplicações de defensivos agrícolas e da origem e qualidade dos produtos apícolas.

2 HISTÓRICO DO USO DE AGROQUÍMICOS NO BRASIL

Por volta de 1798, o planeta atingiu um bilhão de pessoas. Neste momento, o crescimento da população mundial estava em progressão geométrica, enquanto o crescimento de alimentos aumentava aritmeticamente, fato que poderia levar à falta de alimentos (RIBAS & MATSUMURA, 2009).

A Revolução Verde, que ocorreu entre os anos de 1940 a 1970, com a mecanização rural, irrigação e uso de fertilizantes e agroquímicos, bem como a seleção de sementes mais produtivas, aumentou cerca de três vezes a produção de grãos em países desenvolvidos (PINOTTI & SANTOS, 2013). Assim, após o final da II Guerra Mundial, a partir da década de 50, novas tecnologias, muitas delas baseadas no uso extensivo de agentes químicos, foram disponibilizadas aos agricultores aumentando a produtividade através do controle de doenças e proteção contra insetos e outras pragas (RIBAS & MATSUMURA, 2009).

Os chamados agroquímicos, agrotóxicos, defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, remédios de planta ou ainda veneno, são algumas das inúmeras denominações relacionadas a um grupo de substâncias químicas utilizadas no controle de pragas (animais e vegetais) e de doenças de plantas. São utilizados nas florestas nativas e plantadas, nos ambientes hídricos, urbanos e industriais e, em larga escala, na agricultura e nas pastagens para a pecuária, sendo também empregados nas campanhas sanitárias para o combate a vetores de doenças (FUNDACENTRO, 1998).

O uso de agroquímicos no Brasil, assim como o controle de sua presença no meio ambiente, é normatizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 430 de março de 2011 preconiza o nível máximo permitido para agroquímicos organoclorados em recursos hídricos (BRASIL, 2011).

A legislação brasileira, até a Constituição de 1988 (publicada em 1989), tratava esse grupo de produtos químicos por defensivos agrícolas, denominação que, pelo seu próprio significado, excluía todos os agentes utilizados nas campanhas sanitárias urbanas. Fazia parte da Portaria 3.214 de 8 de junho de 1978, que aprova as Normas Regulamentadoras (NRs) relativas à Segurança e Medicina

do Trabalho, especificamente da Norma Regulamentadora Rural nº 5 (NRR 5), que tratava da utilização de produtos químicos no trabalho rural.

De acordo com a Lei Federal no 7.802, em seu Artigo 2, Inciso I, que trata sobre esse grupo de substâncias/agentes no país:

Agrotóxicos e afins são os produtos e os componentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso no setor de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas e de outros ecossistemas e também em ambientes urbano, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-la da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento (Lei Federal 7802/89).

Segundo o grupo de pós-graduação em Agroecologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em reportagem publicada no jornal informativo do Conselho Regional de Química da Terceira Região, tal denominação leva a uma interpretação incorreta acerca desses produtos:

O termo defensivo agrícola carrega uma conotação errônea de que as plantas são completamente vulneráveis a pragas e doenças, e esconde os efeitos negativos à saúde humana e ao meio ambiente. O termo agrotóxico é mais ético, honesto e esclarecedor, tanto para os agricultores como para os consumidores (Informativo CRQ III, 1997).

Os agroquímicos englobam uma vasta gama de substâncias químicas – além de algumas de origem biológica – que podem ser classificadas de acordo com o tipo de praga que controlam, com a estrutura química das substâncias ativas e com os efeitos à saúde humana e ao meio ambiente (AGROFIT, 1998). Podem ser classificadas como inseticidas (controle de insetos), fungicidas (controle de fungos), herbicidas (controle de plantas invasoras), desfolhantes (controle de folhas indesejadas), fumegantes (controle de bactérias do solo), rodenticidas ou raticidas (controle de roedores/ ratos), nematocidas (controle de nematoides) e acaricidas (controle de ácaros) (RIBAS & MATSUMURA, 2009).

O excesso de aplicação de agroquímicos tem originado consequências negativas, como o desaparecimento de algumas espécies de insetos úteis e, conseqüentemente, aparição de novas pragas. Além disso, muitas espécies de insetos tornaram-se resistentes a certos inseticidas, o que levou à busca de novos produtos de maior seletividade. Dos compostos usados em grande escala, encontram-se, inicialmente, os organoclorados, depois os organofosforados, carbamatos, piretroides e toda uma série de derivados de triazinas, dentre outros (FLORES *et al.*, 2004). Efeitos imediatos de inseticidas em abelhas podem ser mais evidentes sob condições de altas temperaturas, devido ao seu menor efeito residual, em função da mais rápida quebra do ingrediente ativo tóxico devido à ação da luz, temperatura e do metabolismo da planta, elevados em regiões de baixa latitude (RIELD *et al.* 2006). O Quadro 1 apresenta inseticidas e formulações cujo uso é permitido no Brasil.

Quadro 1. Inseticidas e formulações registradas para uso agrícola no Brasil, mais usados pelos agricultores. Fonte: BRASIL, 2009, adaptado AGROFIT, 2014.

INGREDIENTE ATIVO	APRESENTAÇÃO	GRUPO QUÍMICO	CLASSE	CULTURAS
Acefato	OS	Organofosforado	Acaricida/ Inseticida	Algodão, citros, fumo, soja, tomate, feijão, couve-flor, amendoim, batata, crisântemo, pimentão, ornamentais, brócolis, repolho,
Aldicarbe	G	Metilcarbamato de oxima	Acaricida/ Inseticida	Citros, café, batata, algodão, feijão, cana-de-açúcar
Beta-ciflutrina	SC	Piretroide	Inseticida	Algodão, soja, café, tomate, trigo, arroz, abacaxi, alface, alho, amendoim, batata, berinjela, mandioca, milho, couve, feijão, fumo.
	CE			Algodão, alho, batata, café, cebola, citros, couve, feijão, milho soja, tomate, trigo
Carbaril	SC	Metilcarbamato de naftila	Inseticida/ Regulador de Crescimento	Abacaxi, algodão, citros, fumo, vagem, ervilha, milho, soja, batata, arroz, amendoim, banana, beterraba, cenoura
Carbofurano	PM	Metilcarbamato de benzofuranila	Acaricida/ Cupinicida/ Nematicida	Cana, fumo
	G			Batata, cenoura, tomate, café, arroz, cana, milho, fumo, banana, algodão, amendoim, trigo, feijão,

				repolho.
	SC			Aplicações foliares: batata, cana, café, feijão, fumo, tomate, trigo, arroz, algodão, milho, amendoim, banana.
	SC			Tratamento de sementes ou mudas: arroz, algodão, milho, feijão, banana
Cipermetrina	CE	Piretroide	Formicida/ Inseticida	Soja, algodão, café, tomate, milho, arroz, cebola, tomate, fumo
Deltametrina	SC	Piretroide	Formicida/ Inseticida	Algodão
	CE			Algodão, alho, batata, café, cebola, batata, tomate, fumo, soja, milho, abacaxi, ameixa, amendoim, arroz, cacau, caju, citros, couve, couve-flor, brócolis, repolho, feijão, figo, maçã, melão, melancia, gladiolo, pastagem, pepino, pêssego, seringueira, sorgo, pimentão, berinjela, trigo, vagem
Diblubenzuron	PM	Benzoiluréia	Acaricida/ Inseticida	Soja, algodão, milho, tomate, trigo, citros
Dimetoato	CE	Organofosforado	Acaricida/ Inseticida	Algodão, amendoim, batata, cebola, alho, café, citros, feijão, melancia, melão, soja, tomate, berinjela, pimentão, trigo, maçã, pêssego, pera, ornamentais, roseira
Dissulfotom+ Triadimenol	G	Organofosforado	Acaricida/ Fungicida/ Inseticida	Café
Endossulfam	CE	Ciclodienoclorado	Acaricida/ Formicida/ Inseticida	Café, soja, algodão, cacau, cana
Esfenvalerato	SC	Piretroide	Inseticida	Algodão, soja
	CE			Algodão, arroz, café, feijão, fumo, milho, roseira, soja, tomate, trigo
Fentiona	CE	Organofosforado	Acaricida/ Cupinicida/ Formicida/ Inseticida	Café, citros, abóbora, melancia, melão, pepino, algodão, ameixa, manga, nêspera, caqui, fumo, goiaba, maçã, marmelo, pera, maracujá, noqueira, pera, uva, pêssego; uso agrícola: cupim de montículo.
Fipronil	SC	Pirazol	Cupinicida/ Formicida/ Inseticida	Aplicações foliares: algodão, arroz, milho, soja, trigo
	SC			Tratamento de sementes: arroz, soja
	GDA			Cana, batata, algodão,

	Isca			milho Uso agrícola e florestal: formigas
Imidaclopride	S	Neonicotinoide	Inseticida	Algodão, citros, alho, batata, cebola, crisântemo, feijão, gérbera, arroz, poinsetia, tomate
	GDA			Abacaxi, abóbora, abobrinha, melancia, alface, almeirão, chicória, alho, algodão, batata, berinjela, jiló, brócolis, couve, couve-flor, repolho, cana, cebola, crisântemo, feijão, poinsetia, fumo, gérbera, melão, pimentão, pepino, uva, café
	PM			Tratamento de sementes: algodão, arroz, feijão, milho, trigo
Metamidofós	S	Organofosforado	Acaricida/ Inseticida	Feijão, soja, algodão, amendoim, batata, brócolis, couve, repolho, trigo, pimentão, tomate, couve-flor, fumo
	S			Algodão, amendoim, batata, brócolis, couve, couve-flor, repolho, feijão, pimentão, soja, tomate, repolho
	CE			Algodão, soja, feijão, amendoim, batata, tomate
Metomil	S	Metilcarbamato de oxima	Acaricida/ Inseticida	Algodão, soja, tomate, trigo, batata, couve, repolho, brócolis, milho
Monocrotofós	CE	Organofosforado	Acaricida/ Inseticida	Algodão, amendoim, feijão, melancia, milho, soja
	S			Soja, algodão, feijão, trigo, amendoim, batata
Parationa-metífica	CE	Organofosforado	Acaricida/ Inseticida	Algodão, batata, café, citros, feijão, fumo, milho, soja, tomate, trigo, uva, roseira, abacate, abacaxi, alface, almeirão, chicória, alho, cebola, arroz, amendoim, berinjela, pimentão, brócolis, couve-flor, repolho, caju, caqui, cravo, figo, gladiolo, goiaba, maçã, pera, manga, pêssego
	S			Algodão, batata, feijão, milho, soja
Permetrina	SC	Piretroide	Formicida/ Inseticida	Soja, trigo
	CE			Soja, milho, tomate, algodão, trigo, arroz, café, fumo, couve, repolho, couve-flor, grãos armazenados: milho, trigo,

				arroz
Forato (Phorate)	G	Organofosforado	Acaricida/ Inseticida/ Nematicida	Algodão, batata, café, feijão, milho
Piriproxifem	CE	Éter Piridiloxipropílico	Inseticida	Citros, tomate, feijão
Teflubenzurom	SC	Benzoiluréia	Inseticida	Soja, tomate, café, algodão

Pó molhável (PM), suspensão concentrada (SC), concentrado emulsionável (CE), pó solúvel (OS), solução (S), granulado (G), grânulos dispersíveis em água (GDA).

O registro dos agroquímicos nas instituições governamentais competentes (Ministérios da Agricultura, Meio Ambiente e Saúde) constitui-se no instrumento básico do processo de controle governamental sobre essas substâncias/produtos, visando à importação, exportação, produção, transporte, armazenamento, comercialização e uso. A avaliação dos possíveis efeitos adversos à saúde humana (os agudos e principalmente os crônicos) e ao ambiente deve ser de fundamental importância para a concessão ou não do registro. Isto porque, embora a eficácia agrônômica possa ser facilmente comprovada pelo próprio usuário – resultando, naturalmente, em uma maior ou menor aceitação do produto –, os danos à saúde humana e ao ambiente, na maioria dos casos, não o são (BRASIL, 2014).

Para obtenção do registro no Brasil, até 1989, os agroquímicos eram submetidos apenas às avaliações toxicológica e de eficácia agrônômica. Após a regulamentação da Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, pelo Decreto no 98.816, de 11 de janeiro de 1990, passaram a ser exigidas também a avaliação e a classificação do potencial de periculosidade ambiental.

Segundo a atual legislação, compete ao Ministério da Agricultura e Abastecimento realizar a avaliação da eficácia agrônômica, ao Ministério da Saúde executar a avaliação e classificação toxicológica e ao Ministério do Meio Ambiente, por meio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), avaliar e classificar o potencial de periculosidade ambiental. Os órgãos estaduais e do Distrito Federal, dentro de sua área de competência, devem realizar o controle e a fiscalização da comercialização e uso desses produtos na sua jurisdição (IBAMA, 2014).

A avaliação e a classificação do potencial de periculosidade ambiental de um agroquímico são baseadas em estudos físico-químicos, toxicológicos e ecotoxicológicos, que fundamentam qualquer alteração, restrição, concessão ou não do registro. A periculosidade está associada com a potencialidade da substância, a

exemplo da toxicidade aguda e crônica, bioacumulação etc., ao passo que a exposição está associada com a quantidade da substância e também com as condições de uso e de distribuição no ambiente (IBAMA, 2013).

Outra atividade importante no controle dos agroquímicos desenvolvida pelo Ibama é a verificação dos teores de impurezas tóxicas (dioxinas, nitrosaminas, DDT e seus isômeros etc.) e da composição quali-quantitativa dos produtos. A verificação dos teores de impurezas tóxicas é realizada por meio da avaliação das análises do teor de impurezas, das informações sobre produção/importação prestadas pelas empresas registrantes e de ações de fiscalização (IBAMA, 2013).

A classificação dos agroquímicos em função dos efeitos à saúde, decorrentes da exposição humana a esses agentes, pode resultar em diferentes classes toxicológicas, sumarizadas no Quadro 2. Essa classificação obedece ao resultado de testes ou estudos realizados em laboratórios, que tentam estabelecer a dosagem letal mediana (DL₅₀) do agroquímico em que 50 % dos animais utilizados naquela concentração vem a óbito.

Quadro 2. Classificação dos agroquímicos de acordo com os efeitos à saúde Humana.

CLASSE TOXICOLÓGICA	TOXICIDADE	DL ₅₀	FAIXA COLORIDA
I	Extremamente tóxico	< 5 mg/kg	Vermelha
II	Altamente tóxico	Entre 5 e 50 mg/kg	Amarela
III	Medianamente tóxico	Entre 50 e 500 mg/kg	Azul
IV	Pouco tóxico	Entre 500 e 5.000 mg/kg	Verde
-	Muito pouco tóxico	Acima de 5.000 mg/kg	-
*	Não determinado devido à natureza do produto		
*	Baixa exposição para uso restrito em armadilhas		

Fonte: WHO, 1990, OPS/WHO, 1996 – apud Peres, 1999. Adaptado AGROFITT, 2014

Além da definição do tipo de ação ou praga afetadas, um agroquímico pode ser classificado quanto à periculosidade ambiental (RIBEIRO *et al.*, 2007), descritos no Quadro 3.

Quadro 3. Classificação ambiental de toxicidade.

CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL	TOXICIDADE
I	Produto Altamente Perigoso ao Meio Ambiente
II	Produto Muito Perigoso ao Meio Ambiente
III	Produto Perigoso ao Meio Ambiente
IV	Produto Pouco Perigoso ao Meio Ambiente

-	Produto de Baixo Risco ao Meio Ambiente
*	Produto em adequação à Lei n 7802/89

Fonte: AGROFITT, 2014

A legislação brasileira pelo Decreto Federal 1074/2002 prevê a proibição de registro de agroquímicos e seus componentes afins, conforme o estabelecido no Artigo 33:

I - para os quais no Brasil não se disponha de métodos para desativação de seus componentes, de modo a impedir que os seus resíduos remanescentes provoquem riscos ao meio ambiente e à saúde pública;

II - para os quais não haja antídoto ou tratamento eficaz no Brasil;

III - considerados teratogênicos, que apresentem evidências suficientes nesse sentido, a partir de observações na espécie humana ou de estudos em animais de experimentação;

IV - considerados carcinogênicos, que apresentem evidências suficientes nesse sentido, a partir de observações na espécie humana ou de estudos em animais de experimentação;

V - considerados mutagênicos, capazes de induzir mutações observadas em, no mínimo, dois testes, um deles para detectar mutações gênicas, realizado, inclusive, com uso de ativação metabólica, e o outro para detectar mutações cromossômicas;

VI - que provoquem distúrbios hormonais, danos ao aparelho reprodutor, de acordo com procedimentos e experiências atualizadas na comunidade científica;

VII - que se revelem mais perigosos para o homem do que os testes de laboratório, com animais, tenham podido demonstrar, segundo critérios técnicos e científicos atualizados; e

VIII - cujas características causem danos ao meio ambiente.

§ 1º Devem ser considerados como "desativação de seus componentes" os processos de inativação dos ingredientes ativos que minimizem os riscos ao meio ambiente e à saúde humana.

§ 2º Os testes, as provas e os estudos sobre mutagênese, carcinogênese e teratogênese, realizados no mínimo em duas espécies animais, devem ser efetuados com a aplicação de critérios aceitos por instituições técnico-científicas nacionais ou internacionais reconhecidas (Decreto Federal 4074/02).

Os agroquímicos são produtos desenvolvidos para matar, exterminar, combater, dificultar a vida (muitos atuam sobre processos específicos, como os reguladores do crescimento). Assim, por atuarem sobre processos vitais, em sua maioria, esses venenos têm ação sobre a constituição física e a saúde do ser humano (EPA, 1985). O Quadro 4 traz a classificação dos agroquímicos quanto à injúria que o mesmo irá combater, além da descrição do grupo químico a qual cada um pertence.

Quadro 4 – Principais categorias de agroquímicos quanto à natureza da praga combatida e ao grupo químico a que pertencem.

CLASSIFICAÇÃO QUANTO À NATUREZA DA PRAGA CONTROLADA	CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO GRUPO QUÍMICO	EXEMPLOS (PRODUTO/SUBSTÂNCIAS/AGENTES)
Inseticidas (controle de insetos)	Inorgânicos	Fosfato de alumínio, arsenato de cálcio
	Extratos vegetais	Óleos vegetais
	Organoclorados	Aldrin,* DDT,* BHC*
	Organofosforados	Fenitroton, Paration, Malation, Metil-paration
	Carbamatos	Carbofuran, Aldicarb, Carbaril
	Piretróides sintéticos microbiais	Deltametrina, Permetrina <i>Bacillus thuringiensis</i>
Fungicidas (combate aos fungos)	Inorgânicos	Calda Bordalesa, enxofre
	Ditiocarbamatos	Mancozeb, Tiram, Metiram
	Dinitrofenóis	Binapacril
	Organomercúriais	Acetato de fenilmercúrio
	Antibióticos	Estreptomicina, Ciclo-hexamida
	Trifenil estânico	Duter, Brestam
Herbicidas (combate às plantas invasoras)	Compostos Formilamina	Triforina, Cloranifometam
	Fentalamidas	Captafol, Captam
	Inorgânicos	Arsenito de sódio, cloreto de sódio
	Dinitrofenóis	Bromofenoxim, Dinoseb, DNOC
	Fenoxiacéticos	CMPP, 2,4-D, 2,4,5-T
	Carbamatos	Profam, Cloroprofam, Bendiocarb
Desfoliantes (combate às folhas indesejadas)	Dipiridilos	Diquat, Paraquat
	Dinitrofenóis	Dinoseb, DNOC
	Dipiridilos	Diquat, Paraquat, Difenzoquat
	Dinitroanilinas	Nitralin, Profluralin
	Benzonitrilas	Bromoxinil, Diclobenil
	Glifosato	Round-up
Fumigantes (combate às bactérias do solo)	Hidrocarbonetos halogenados	Brometo de metila, cloropicrina
	Geradores de Metilisocianato	Dazomet, Metam
		Formaldeído-s
Rodenticidas/Raticidas (combate aos roedores/ratos)	Hidroxycumarinas	Cumatetralil, Difenacum
	Indationas	Fenil-metil-pirozolona, pindona
Moluscocidas (combate de moluscos)	Inorgânicos (aquáticos)	Sulfato de cobre
	Carbamatos (terrestres)	Aminocarb, Metiocarb, Mexacarbato
Nematecidas (combate aos nematoides)	Hidrocarbonetos halogenados	Dicloropropeno, DD
	organofosforados	Diclofention, Fensulfotion
Acaricidas (combate aos ácaros)	organoclorados	Dicofol, Tetradifon
	Dinitrofenóis	Dinocap, Quinometionato

A larga utilização de agroquímicos no processo de produção agropecuária, entre outras aplicações, tem trazido a contaminação das comunidades de seres vivos que o compõem, seja pela sua acumulação nos segmentos bióticos e abióticos

dos ecossistemas (biota, água, ar, solo, sedimentos etc.). Um dos efeitos ambientais indesejáveis dos agroquímicos é a contaminação de espécies que não interferem no processo de produção (espécies não-alvos)(PERES & MOREIRA, 2003).

Outro problema relacionado aos agroquímicos é a questão da reutilização, o descarte ou destinação inadequada das embalagens vazias que favorecem a contaminação ambiental e provocam efeitos adversos à saúde humana, de animais silvestres e domésticos, a obrigatoriedade dos usuários devolverem essas embalagens aos estabelecimentos comerciais e da responsabilidade das empresas produtoras e comercializadoras pelo recolhimento e destinação adequada das suas embalagens vazias, está previsto na Lei 9.974/00(PERES & MOREIRA, 2003).

Considerando as ações e efeitos dos agroquímicos no ambiente, queremos relaciona-los aos sintomas causados às abelhas bem como o efeito dos mesmo no declínio de polinizadores.

3 INTRODUÇÃO DE *Apis mellifera* NO BRASIL

Dos 57 maiores cultivos mundiais em volume de produção, 42% são polinizados por pelo menos uma espécie de abelha nativa (KLEIN *et al.* 2007). Ainda assim, apenas aproximadamente uma dúzia de espécies de abelhas é manejada para serviços de polinização em todo o mundo (KREMEN *et al.* 2002, KREMEN, 2008).

Os exemplos de polinizadores utilizados para polinização agrícola incluem abelhas sociais e, principalmente, espécies que nidificam em cavidades, devido à facilidade de estudo e do próprio manejo (BOSCH & KEMP, 2002). Entre as abelhas sociais destaca-se a *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, também conhecida como abelha melífera, muito utilizada na polinização de cultivos (DELAPLANE & MAYER, 2000), e as espécies de mamangavas-de-solo, pertencentes ao gênero *Bombus*, que são usadas na polinização do tomate (*Lycopersicum esculentum*, Solanaceae), para outros cultivos em estufas (BOSCH & KEMP, 2002) e na polinização de trevos (*Trifolium* spp, Fabaceae) na Nova Zelândia (O'TOOLE, 1993). Entre as abelhas solitárias que nidificam em cavidades, *Megachile rotundata* (FABRICIUS, 1787) é utilizada na polinização da alfafa (*Medicago sativa*, Fabaceae), sendo um dos exemplos mais bem sucedidos da utilização em grande escala de abelhas silvestres para polinização (RICHARDS, 2001), além de espécies de *Osmia* spp utilizadas na polinização de frutíferas (BOSCH & KEMP, 2002).

As abelhas da espécie *Apis mellifera* foram introduzidas no Brasil em 1840, oriundas da Espanha e Portugal, trazidas pelo Padre Antônio Carneiro. Provavelmente as subespécies *Apis mellifera mellifera* (abelha preta ou alemã) e *Apis mellifera carnica* tenham sido as primeiras abelhas a chegar no nosso país (EMBRAPA, 2002).

Naquele período, a maior parte dos apicultores criava as abelhas de forma rústica, possuindo poucas colmeias no fundo do quintal, onde, em razão da baixa agressividade, eram criadas próximo a outros animais, como porcos e galinhas. O objetivo principal da maioria dos produtores era atender às próprias necessidades de consumo (EMBRAPA, 2002).

Em meados de 1950, a apicultura teve problemas com a sanidade em função do surgimento de doenças e pragas (nosemose, acariose e cria pútrida

européia), o que dizimou 80% das colmeias do País e diminuiu a produção apícola drasticamente. Diante desse quadro, ficou evidente que era preciso aumentar a resistência das abelhas no País (EMBRAPA, 2002).

Assim, em 1956, o professor Warwick Estevan Kerr dirigiu-se à África, com apoio do Ministério da Agricultura, com a incumbência de selecionar rainhas de colmeias africanas produtivas e resistentes a doenças. A intenção era realizar pesquisas comparando a produtividade, rusticidade e agressividade entre as abelhas europeias, africanas e seus híbridos e, após os resultados conclusivos, recomendar a abelha mais apropriada às nossas condições (EMBRAPA, 2002).

A liberação das abelhas mais produtivas, porém muito agressivas, criou um grande problema para o Brasil. Essas abelhas eram consideradas pragas da apicultura e começaram a surgir campanhas para a sua erradicação, não só dos apiários, mas também das matas, com a aplicação de inseticidas em todo o País. Essa atitude, além de ser uma operação de alto custo, provocaria um desastre ecológico de tamanho incalculável. Toda essa campanha acabou provocando o abandono de muitos apicultores da atividade e uma queda na produção de mel no país. Na verdade, o que acontecia era uma completa inadequação da forma de criação e manejo das abelhas africanas. Embora as técnicas usadas fossem adaptadas às abelhas europeias, para as abelhas africanas, as vestimentas eram inadequadas; os fumegadores, pequenos e pouco potentes; as técnicas de manejo, impróprias para as abelhas e as colmeias dispostas muito próximas das residências, escolas, estradas e de outros animais. Todos esses fatores, em conjunto com a maior agressividade, facilitavam o ataque e os acidentes. A solução foi distribuir rainhas italianas virgens, que se acasalavam com zangões africanos, obtendo uma prole mais produtiva e menos agressiva (EMBRAPA, 2002).

Hoje, as abelhas chamadas de africanizadas, por terem herdado muitas características das abelhas africanas, são consideradas como as responsáveis pelo desenvolvimento apícola do País, de modo que o Brasil, que era o 28º produtor mundial de mel (5 mil t/ano), passou para o 6º (20 mil t em 2001). A agressividade é considerada por muitos apicultores como um forte aliado para se evitar roubo da sua produção e ainda veem a vantagem de serem tolerantes a várias pragas e doenças que assolam a atividade em todo o mundo, mas não têm acarretado impacto econômico no Brasil. Em 2003 foi criada a ABEMEL – Associação Brasileira dos

Exportadores de Mel, que é a entidade com maior representatividade das empresas beneficiadoras e exportadoras de produtos apícolas do Brasil. Com o fim do embargo europeu ao mel brasileiro, em 14/03/2008, o setor, ficou em 11º produtor mundial de mel e o 9º maior exportador, dados de 2013 trazem o Brasil como 10 lugar para exportações de mel (ABEMEL, 2014).

Dentre as milhares de espécies de abelhas existentes, a *Apis mellifera* é utilizada de forma generalizada no serviço de polinização dirigida. Isso se deve, não somente pela sua eficiência polinizadora, mas, principalmente, devido a sua disponibilidade, facilidade de manejo, por atingir facilmente altas populações e, por ser polinizadora de inúmeras culturas de importância econômica, cujas características facilitam sobremaneira a introdução de polinizadores em áreas cultivadas (KALVELAGE, 2000).

Segundo De Jong (2000), a estimativa de valoração das abelhas na polinização nos Estados Unidos é superior a 10 bilhões de dólares e mundialmente atinge níveis acima dos 100 bilhões de dólares por ano para os cultivos beneficiados pela abelha.

3.1 Abelhas como bioindicadores

As abelhas representam o grupo de organismos mais importante para a polinização de milhares de espécies de plantas que florescem em nosso país, englobando plantas silvestres e cultivadas em uma parceria perfeita resultante de mais de 10 a 20 milhões de anos de desenvolvimento conjunto, com benefícios mútuos (CRANE, 1980).

Os cultivos intensivos de culturas agrícolas, florestais, ornamentais entre outros casos, bem como as drásticas alterações ambientais, apontam, com frequência, para o uso de agroquímicos nas plantas. Com a utilização intensiva desses defensivos agrícolas (agroquímicos) é eliminada uma grande parcela da população das pragas, porém, infelizmente, perecem milhares de abelhas melíferas e outros animais benéficos, como consequência da aplicação destes produtos (EMBRAPA, 2008).

As abelhas são insetos extremamente sensíveis às alterações atmosféricas devido à presença de pesticidas, funcionando assim como um termômetro da qualidade ambiental, sendo denominado de bioindicador, pois sofrem alterações na população de sua espécie em função da concentração excessiva de poluentes químicos na composição dos gases da atmosfera, em muitos casos, a poluição causada pelo abuso ou pelo uso inadequado dos pesticidas poderia não ser detectada sem a ajuda das abelhas (PORRINI *et al.*, 2003). O uso de forma reduzida e criteriosa dos agroquímicos pode minimizar os danos às abelhas melíferas e ao ambiente.

Abelhas melíferas atuam coletando pólen, néctar, água e resina para a sua colônia. Necessitam que todas as fontes disponíveis desses recursos sejam puras e isentas de contaminantes, incluindo os agroquímicos. O comportamento de coleta dessas abelhas é fundamental para a manutenção da colônia, porém propicia sua exposição à contaminação e risco de morte em áreas onde tenham sido aplicados agroquímicos (EMBRAPA, 2008). As abelhas podem ser usadas como bioindicadores para monitoramento de impacto ambiental causado por fatores biológicos, químicos e físicos, tais como parasitas, contaminações industriais ou pesticidas. Além disso, quase todos setores ambientais (solo, vegetação, água, ar) são explorados pelas abelhas produtoras de mel, fornecendo numerosos indicadores para cada estação (RISSATO & GALHIANE, 2006).

As abelhas melíferas e seu principal produto, o mel, podem ser ferramentas de monitoramento ambiental, avaliados por fatores biológicos, físicos e químicos. Durante o voo, estes insetos registram valiosas informações sobre o meio ambiente em que circulam. Numerosas partículas de produtos químicos e substâncias tóxicas suspensas no ar ficam aderidas aos pelos superficiais de seu corpo, retidas em seu sistema respiratório ou armazenadas em sua vesícula melífera e no pólen que coletaram (EMBRAPA, 2008).

O néctar, depois de desidratado e transformado em mel, também registra todas estas informações, passíveis de serem analisadas em laboratórios de resíduos químicos e poluentes. Em um curto período de tempo e com grande facilidade de obtenção de amostras, pode ser feita uma varredura bastante confiável sobre as condições ambientais quanto à presença ou ausência de poluentes químicos e, se estiverem presentes, a quantidade dos mesmos em grandes extensões territoriais.

Há trabalhos de pesquisa atestando a possibilidade da aplicação de método multirresíduo para monitoramento de contaminação, ambiental de pesticidas na região de Bauru (SP) usando o mel das abelhas melíferas africanizadas para o monitoramento ambiental no interior de São Paulo (AGÊNCIA FAPESP, 2008).

As colmeias povoadas com abelhas melíferas usadas no monitoramento da qualidade ambiental podem ficar a quatro quilômetros distantes umas das outras, pois o raio de ação normal de suas abelhas campeiras costuma ser de dois quilômetros (EMBRAPA, 2008).

Os agroquímicos vendidos no Brasil são submetidos a ensaios oficiais para serem testados quanto a sua ação sobre bioindicadores, como, por exemplo, as abelhas melíferas. Estes testes ocorrem em laboratórios, em casas de vegetação e nos campos, sendo, posteriormente registrados e listados todos os produtos permitidos para uso no país e sua classificação quanto à toxicidade (EMBRAPA, 2008).

O comportamento das abelhas na lavoura durante a pulverização sinaliza para o uso dos meliponídeos como bioindicador da qualidade ambiental. As normas internacionais utilizadas como padrão para estudos em laboratórios dos riscos de pesticidas agrícolas para polinizadores concentram-se, primariamente, na mortalidade de abelhas melíferas (RISSATO & GALHIANE, 2006).

Dentro do possível, os agricultores não deveriam usar agroquímicos. Ou, então, deveriam adotar uma série de rigorosos critérios para o seu uso, obedecendo as recomendações específicas de cada produto, transferindo previamente as colmeias povoadas com abelhas melíferas, nunca pulverizando em épocas de floração dos cultivos, roçando ou capinando plantas invasoras em floração nos pomares e hortas antes de pulverizar, entre outras providências de proteção às abelhas. No controle da vegetação espontânea, os agricultores deveriam roçar, ao invés de dessecar, pois, apesar de herbicidas raramente matarem esses insetos, intoxicam-nos e, ainda, eliminam de forma duradoura uma de suas maiores fontes de alimentos. Não deveriam ser eliminadas também plantas silvestres e ervas espontâneas nos matos e campos, bem como nos acostamentos de estradas, bordas de açudes, lagoas e rios, pois são fontes de alimentos para as abelhas melíferas (EMBRAPA, 2008).

Abelhas são mantenedoras da biodiversidade, da polinização, da variabilidade genética dos vegetais dando retorno aos agricultores no investimento em serviços de polinização. As abelhas são de grande importância para a manutenção das atividades na biodiversidade; essenciais para a agricultura por seu efeito de polinizadoras. Podemos destacar as seguintes culturas polinizadas por abelhas: abacate, abóbora, alfafa, algodão, ameixa, amêndoa, amora, aspargo, beterraba, canola, cebola, cenoura, amora, feijão entre outros (RISSATO & GALHIANE, 2006). Dessa forma, é importante conhecer-se os efeitos do uso indiscriminado de agroquímicos em populações de *Apis mellifera* e utilizar estes dados como subsídio para criar-se ferramentas de fiscalização e monitoramento da aplicação destes produtos, especialmente em regiões com vocação apícola.

4 EFEITOS DO PESTICIDA SOBRE AS ABELHAS

As abelhas podem entrar em contato com inseticidas voando na área da aplicação, levando o produto pulverizado à colmeia, ou visitando flores contaminadas quando o resíduo tóxico é remanescente (PORRINI, 2003). Podem procurar alimento até 6,5 Km afastados de sua colmeia o que significa que cobrem uma área potencial de busca alimentar de 1 a 28 quilômetros quadrados de áreas potencialmente tóxicas (MUSSEN, 1996).

As normas internacionais utilizadas como padrão para estudos de risco dos pesticidas agrícolas em laboratório são as produzidas pela EPPO - *European and Mediterranean Plant Protection Organisation* (1992), EPA - *Environment Protection Agency* (1996) e OECD - *Organisation for Economic Co-operation and Development* (1998a, 1998b) e se concentram, primariamente, na mortalidade de abelhas melíferas (*Apis mellifera*), que são os agentes polinizadores mais comumente utilizados na grande maioria das culturas agrícolas. A norma EPA (1996) para toxicidade aguda por contato prescreve que, além da mortalidade, sejam registrados outros sinais de intoxicação, atribuíveis ou não à substância-teste, tais como letargia, ataxia e hipersensitividade, dentre outros efeitos sub-letais, relatando-se o início, duração, severidade e o número de abelhas afetadas, para cada nível de dose. As normas EPPO (1992) e OECD (1998, 1998) embora requeiram que comportamentos anormais sejam registrados, não apontam o tipo de efeito específico a ser relatado. O ponto final dos estudos laboratoriais é a confecção de curvas de mortalidade em função dos níveis de dose,

Dos produtos fitossanitários, os herbicidas são os mais utilizados em todo o mundo, tanto em volume, como em área tratada. O uso destes produtos em cereais, soja, beterraba e cana-de-açúcar equivalem a 78% do total comercializado no mundo. O restante corresponde a inseticidas, fungicidas, nematicidas, acaricidas, moluscicidas, rodenticidas e outros. Os herbicidas também são os mais utilizados nas lavouras brasileiras, principalmente, nas culturas de soja, de cana-de-açúcar e de milho, sendo seguidos pelos inseticidas e fungicidas (ARAÚJO *et al.*, 2001).

Estudos precedentes sugerem que a toxicidade da maioria dos inseticidas para as abelhas diminui em 50% se o pesticida tiver a oportunidade de secar antes do contato com as abelhas. Cada inseticida tem um período de tempo intrínseco

quando o resíduo seco remanescente é tóxico no campo, variando de uma hora a uma semana ou mais. Obviamente, as abelhas não devem encontrar tais resíduos dentro do campo ou do pomar para que elas desenvolvam-se de forma ideal (MORAES *et al.*, 2000).

A aplicação de borrifos produzidos a partir de pós-úmidos é frequentemente mais perigosa para as abelhas do que as emulsificáveis ou formulações concentradas solúveis em água. Pesticidas aplicados em áreas muito extensas ou repetidas vezes são provavelmente as causas das mortes em massa. Se aplicado durante o dia, os jatos aéreos são mais perigosos do que as aplicações no solo (RANDUZ, SMITH, 1996).

Se o inseticida não for de ação rápida, algumas abelhas poderão carregar o veneno na volta para a colmeia onde será espalhado por contato e através do alimento. Dependendo da toxicidade, outras abelhas na colmeia serão mortas. Os pesticidas com alguma remanescência podem permanecer nas superfícies das plantas por diversos dias e podem matar as abelhas que pousarem nas vegetações contaminadas (MUSSEN, 1996).

Os herbicidas e fungicidas não representam perigo imediato, pois não são letais para as abelhas adultas. Os problemas mais sérios para as colônias ocorrem quando as colmeias são pulverizadas diretamente com um inseticida ou cobertos pelo jato do pesticida levado pelo vento (SANFORD, 2003). Entretanto, o contato com aqueles compostos pode contaminar toda a população, com maior possibilidade de transferência destes princípios ativos para os produtos apícolas quando comparados com aqueles de maior toxicidade para as abelhas. O envenenamento por herbicidas e por fungicidas não é comum, mas mesmo nos casos em que as abelhas adultas não sofram nenhuma consequência direta do contato com o fungicida, o resíduo desse pesticida pode retornar à colônia com o pólen contaminado no campo ou com o pólen contaminado pelos pelos das abelhas que voaram através dos pulverizadores ou andaram nas flores contaminadas. Incorporado ao alimento, algumas formulações do produto irão matar as larvas da abelha ou levarão à má formação em crisálidas e indivíduos jovens. O fato que todas as formulações de um determinado produto não parecem ser igualmente tóxicas sugere que podem ser os coadjuvantes, cargas e demais componentes da fórmula e não os princípios ativos que causam a toxicidade (RADUNZ, SMITH, 1996). É muito

comum a presença de dioxinas, tensoativos, espessantes, emulsificantes, entre outros componentes, com conhecido efeito tóxico sobre diversos organismos vivos.

4.1 Organoclorados

Agroquímicos organoclorados são conhecidos por persistirem no meio ambiente, por serem amplamente distribuídos geograficamente no mundo, por se acumularem em tecidos gordurosos de organismos vivos e por causarem danos para seres humanos e ao meio ambiente (Galt, 2008). São substâncias orgânicas que possuem uma meia vida longa em solos, sedimentos, ar e biota. Por serem compostos lipofílicos tornam-se bioacumulativos na cadeia alimentar e possuem grande estabilidade físico-química, não sendo voláteis à temperatura ambiente. Assim, devido a estas características, desde o início dos anos 1970 o uso de agroquímicos organoclorados tem sido progressivamente restringido a aplicações específicas em diversos países (ALVES *et al.*, 2010) e no Brasil sua utilização está proibida desde 1985 (CARLOS *et al.*, 2013), sendo que a Lei de proibição foi publicada em 2009 Lei nº 11.936 de 14 de maio de 2009 - Proíbe a fabricação, a importação, a exportação, a manutenção em estoque, a comercialização e o uso de diclorodifeniltricloreto (DDT) e dá outras providências.

4.2 Organofosforados e Carbamatos

Organofosforados (ORFs) e carbamatos (CMs) são produtos usados em atividades agropecuárias como inseticidas para lavouras e antiparasitários para animais (BARROS *et al.*, 2006) e em sistemas hidráulicos industriais, lubrificantes de alta temperatura, em plastificantes e retardantes de fogo (GUPTA, 2006).

Quando aplicados de forma inadequada na lavoura, essas substâncias podem contaminar cursos de água, além de gerarem resíduos em produtos agrícolas. Animais que ingerem água ou alimentos contendo essas substâncias podem depositá-las na gordura e músculos, podendo ser encontradas também no leite (NERO *et al.*, 2007).

Mackenzie & Winston (1989) verificaram que o diazinom afeta a longevidade e a divisão de trabalho em *Apis mellifera* L., sendo estes efeitos mais pronunciados em abelhas mais novas, provavelmente devido aos baixos níveis de enzimas detoxificadoras (SMIRLE, 1993), e relacionados à duração do período de tempo requerido para forrageamento e transporte do néctar. Segundo os autores, a mudança na sequência de tarefas pode também afetar a longevidade, com redução no período de vida de 20% em abelhas expostas às mesmas doses de diazinom.

Os organofosforados agem interrompendo o perfeito funcionamento do sistema nervoso, levando à paralisia muscular, que irá impedir a respiração, causando a morte por anóxia. O efeito deste veneno está associado à ação inibitória da colinesterase, da mesma forma que acontece com os carbamatos, afetam a capacidade da abelha rainha de produzir feromônios, impedindo a formação de novas rainhas, além de causar a má formação corporal e hipersensibilidade a estímulo em *A. mellifera*. Os sintomas típicos da intoxicação são: regurgitação, desorientação, languidez, paralisia e morte, sendo que um alto percentual de abelhas morre dentro da colmeia (WOLFF, 2000).

Inseticidas organofosforados e carbamatos afetam também a habilidade das abelhas comunicarem a fonte de alimento a outras abelhas da colônia por meio da “dança dos oito”, por impedir a orientação do ângulo da dança, além de causar um decréscimo na produção de progênie (SCHRICKER & STEPHEN, 1970).

Outros inseticidas organofosforados, tais como carbofuran e paratiom metil, afetam a capacidade da abelha rainha de produzir os feromônios que inibem a produção de novas rainhas pela colônia, de evitar que outras rainhas sejam eleitas, sua capacidade de postura e podem causar a sua morte, seja por exposição, ou indiretamente, pela redução do número de abelhas operárias que atendem à rainha (STONER *et al.*, 1985). A exposição aos inseticidas acefato, dimetoato e fentiom culminou em incapacidade das colônias para reelegerem rainhas (STONER *et al.*, 1982, 1983, 1985).

Atkins & Kellum (1986) verificaram que dimetoato e malatiom podem causar defeitos morfogênicos em adultos de *A. mellifera* expostos na fase de larva, tais como pequeno tamanho do corpo, malformação ou diminuição do tamanho das asas, deformação das pernas e das asas. Tais efeitos afetam dramaticamente a capacidade dos adultos realizarem as suas tarefas e de forragearem de modo

eficaz, podendo resultar em severos efeitos sobre a colônia. Dimetoato ainda é utilizado em áreas de soja, algodão e citros (*Citrus* spp.) no Brasil (Brasil 2009, PINHEIRO & FREITAS, 2010), principalmente, e pode, a exemplo do paratiom metílico, causar grande impacto sobre abelhas nativas, devido à sua elevada toxicidade residual.

4.3 Piretroides

Os inseticidas piretroides, em níveis recomendados de aplicação no campo, parecem afetar a capacidade das abelhas melíferas retornarem à colmeia (TAYLOR *et al.*, 1987). *Apis mellifera* expostas a piretroides tem redução na capacidade de forrageamento, os mesmos são de amplo consumo mundial (cipermetrina, permetrina, ciflutrina e fenvalerato) tendo efeitos tóxicos sub-letais além do efeito de repelência. Abelhas expostas a permetrina perdem sua capacidade de orientação e podem não voltar à colônia, além de apresentarem graves distúrbios de comportamento, tais como irritabilidade, excessiva autolimpeza, abdômen contraído e dança trêmula, o que afeta a capacidade de forrageamento (COX & WILSON, 1984) e a entrada na colmeia, ocasião em que podem ser agredidas e rejeitadas pelas abelhas-guarda (JOHANSEN & MAYER, 1990). Vandame *et al.* (1995) verificaram que doses sub-letais de deltametrina, abaixo daquelas que afetam os músculos de voo e coordenação, comprometem a capacidade de retorno de *A. mellifera* à colmeia, sugerindo que há falhas na capacidade de incluir ou integrar o padrão visual dos locais marcados em relação a orientação pelo sol. Os piretroides agem alterando a modulação dos canais de sódio e a polaridade da membrana celular.

Bendahou *et al.* (1999) estudaram os efeitos da exposição crônica de abelhas *A. mellifera* a doses sub-letais de cipermetrina 80%, sob condições de campo, via dieta, e constataram que houve um aumento na taxa de substituição de rainhas, provavelmente devido à interferência do inseticida sobre a capacidade das abelhas atendentes identificarem o feromônio liberado por cada rainha substituída.

Segundo Rieth & Levin (1988, 1989), os piretroides desempenham a melhor ação de repelência entre as classes de inseticidas existentes no mercado. A

temperatura predominante nas áreas onde as colmeias estão localizadas tem um papel fundamental neste efeito, assim, em regiões de temperaturas baixas é menos provável que as abelhas retornem à colmeia antes da queda (*knockdown*) devido à ação do defensivo (THOMPSON, 2003). Conforme Carvalho (2009), podemos citar a deltametrina que tem o efeito *knockdown*, ou seja, os insetos ficam no fundo das gaiolas com movimentos desordenados e trêmulos, durante o período de 1 hora.

Os piretroides são amplamente utilizados no Brasil, tanto nas grandes culturas - soja, milho, algodão - como naquelas que dependem ainda mais essencialmente do serviço de polinização das abelhas, tais como tomate (*Lycopersicon esculentum*), melão (*Cucumis melo*), maçã (*Malus domestica*), café (*Coffea arabica*), dentre outras (BRASIL, 2009; PINHEIRO & FREITAS, 2010).

4.4 Neonicotinoides

Inseticidas amplamente utilizados na agricultura – como os químicos dos neonicotinóides, que tiveram origem a partir da molécula de nicotina, extraída das plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum*) a classe de inseticidas que mais cresceu no mercado desde o lançamento do piretroides. Thiamethoxam, inseticida extremamente tóxico para as abelhas, independentemente do modo de exposição (pulverização, ingestão e resíduo na superfície da cultura), com uma média de TL50 de 3,57 horas.

O imidaclopride talvez seja o inseticida mais utilizado no mundo para o controle de pragas e é registrado no Brasil para um grande número de culturas, sob várias formulações (BRASIL, 2009; PINHEIRO & FREITAS 2010). Embora apresente ação neurotóxica, outras características físico-químicas da molécula conferem segurança para aplicações no ambiente. Os neocotinoides são competidores da acetilcolina pelos receptores que medeiam o impulso nervoso. Alguns polinizadores não são afetados de imediato pelo inseticida, mas efeitos subletais podem acontecer (GILABEL & CHINELATO, 2014).

Estes produtos interferem na atratividade de forrageamento da abelha e na percepção gustativa. Inseticidas aplicados durante o período de frio dá risco de contaminação, pois suas moléculas permanecem no ambiente por um tempo maior,

já aqueles aplicados sob elevadas temperaturas o efeito residual do produto é degradado com mais rapidez os ingredientes ativos pela ação da luz ou até mesmo pelo metabolismo da planta. O tamanho e a idade dos polinizadores afetam a sua tolerância a inseticidas menor quantidade de enzimas detoxificadoras (GILABEL & CHINELATO, 2014).

Segundo Schmuck (1999), talvez se deva mais a reação das abelhas da colônia em não aceitar o néctar contaminado do que o efeito sub-letal sobre as mesmas. No entanto, Bortolotti *et al.* (2003) verificaram que doses sub-letais de imidaclopride alteram o comportamento de campeiras de *Apis mellifera*, afetando o forrageamento e dificultando o retorno à colônia. Kirchner (1998), citado por Schmuck (1999), observou que o imidaclopride afetou o padrão da “dança do oito”, apresentando um fraco efeito na precisão da direção e um significativo efeito na distância comunicada da fonte de alimento pelas abelhas forrageadoras para as da colônia.

Decourtye *et al.* (1999) constataram que imidaclopride reduziu a capacidade da leitura olfativa em abelhas melíferas expostas individualmente, a atividade de voo e a leitura olfativa em abelhas de colônias expostas a doses mais elevadas.

Fipronil é outro inseticida nicotinoide considerado como de “ultima geração” e consumido amplamente no mundo e no Brasil. Mayer & Lunden (1999) estudaram os efeitos deste inseticida sobre fêmeas de *A. mellifera*, *Megachile rotundata* e *Nomia melanderi*, sob condições de laboratório e de campo, e observaram que doses sub-letais apresentaram efeito repelente, reduzindo a taxa de visita das abelhas melíferas à colza (*Brassica napus*) em florescimento, efeito este não observado sob condições de laboratório, quando o produto foi ministrado via dieta.

4.5 Azadirachtin e Reguladores do Crescimento

Os inseticidas que apresentam baixa toxicidade, por via oral e/ou dérmica, embora não produzam efeitos visuais significativos de mortalidade nas colônias de abelhas melíferas no campo, podem ter seus efeitos sub-letais potencializados, dependendo do tipo de formulação, doses aplicadas e período em que são aplicados (JOHANSEN & MAYER, 1990). Jaycox *et al.* (1974) constataram que produtos

mimetizadores da ação de hormônios juvenis suprimiram o desenvolvimento das glândulas hipofaringeanas em *A. mellifera*. Isto é um aspecto muito importante, visto que as glândulas hipofaringeanas das abelhas jovens, até os 9-10 dias de idade, são responsáveis pela secreção de substâncias componentes da geleia real, alimento que fornece o precursor do feromônio produzido pela abelha-rainha. Assim, qualquer falha na produção de geleia real pode resultar em falha na produção de feromônio pela rainha, levando as abelhas a substituir rainhas de modo sucessivo, o que pode alterar a divisão de trabalho dentro da colmeia (JOHANSEN & MAYER, 1999).

O consumo de azadirachtin, um terpenoide extraído da árvore *Azadirachta indica* (neen indiano), vem crescendo no Brasil, principalmente devido a este aspecto, ser de origem natural, e pela crença prevalente entre os agricultores que tais produtos oferecem uma grande margem de segurança para aplicações no campo. Neumann *et al.* (1994) detectaram efeito repelente do azadirachtin em *A. mellifera*, sob condições de semi-campo, via dieta, porém para aplicações de campo sobre colza em florescimento este efeito desapareceu. Muitos experimentos conduzidos sob condições de semi-campo mostraram que, aparentemente, não há danos para as abelhas forrageadoras ou para a colônia, particularmente no que diz respeito a performance da atividade de forrageamento. Contudo, poucos dias após a aplicação (em torno de 10 dias), alguns níveis de doses resultaram em reduzida emergência de adultos, mortalidade larval e malformações nas asas de abelhas recém emergidas (REMBOLD *et al.*, 1980; MORDUE & BLACKWELL, 1993; NAUMANN & ISMAN, 1996 citados por SCHENK *et al.*, 2001).

4.6 Fungicidas e Herbicidas

Os herbicidas reduzem os locais de nidificação dos polinizadores, diminuem a quantidade de plantas silvestres que também servem como fonte de alimento ou refúgio para esses animais.

Fungicidas e herbicidas possuem mecanismos de ação muito específicos, voltados para o controle de fungos e plantas, razão pela qual não oferecem grande risco para as abelhas. Eventualmente, efeitos tóxicos letais e sub-letais podem ocorrer em função de determinada característica do ingrediente ativo e/ou produto

técnico (ingrediente ativo mais impurezas), tal como capacidade para causar irritação, ou de um componente presente na formulação, tal como o xileno, um solvente aromático altamente irritante e que compromete a memória de curto prazo, usado nas formulações denominadas concentrado emulsionável (CE) de muitos fungicidas (ATSDR, 1993). Captan, um fungicida de amplo uso em macieira, particularmente no Brasil, pode provocar efeitos de repelência, diminuindo a capacidade de forrageamento, defeitos morfogênicos em adultos expostos na fase de larva (pernas, asas e corpo) e aumento na mortalidade de larvas (SOLOMON & HOOKER, 1989).

No que se refere aos herbicidas, é pouco provável que causem problemas às abelhas no campo já que seu modo de ação afeta vegetais, não animais (RIEDL *et al.*, 2006). O principal impacto sobre as abelhas é mesmo a supressão da disponibilidade de néctar e pólen (JOHANSEN & MAYER, 1990), entretanto o efeito sobre as abelhas nativas vai além disso, por eliminar, em extensas áreas com monocultivo, a diversidade de espécies de plantas que servem como fonte de néctar e pólen, com florescimento em épocas distintas, usadas também para descanso, nidificação e reprodução (FREITAS, 1991 e 1994). Efeitos diretos podem também ocorrer, tal como redução na produção de crias e mortalidade de abelhas expostas a baixos níveis de 2,4 D (KIDD & JAMES, 1994; USNLM, 1995; JOHANSEN & MAYER, 1990), um dessecante bastante utilizado no Brasil nas extensas áreas de soja, milho e pastagens (BRASIL, 2009).

4.7 Sintomas das abelhas envenenadas

Para determinar se está havendo algum envenenamento das abelhas pela aplicação de pesticidas em áreas agrícolas da 'circunvizinhança', faz-se necessário a observação de alguns parâmetros comportamentais da espécie. Grandes quantidades de abelhas da mesma idade aparecendo mortas em frente à colmeia, o desaparecimento de um grande número de indivíduos do campo, a agressividade e comportamento anormal, a diminuição lenta de sua atividade metabólica, a morte recente das operárias, ovos abaixo da média considerada padrão para a ninhada, número anormal de rainhas e morte de toda uma ninhada sem nenhuma doença

aparente, são razões suficientes para que os pesticidas possam ser considerados os causadores de envenenamento. A morte será considerada normal quando o número for menor que 100 por dia. Acima de 1.000 por dia, considera-se um número de mortes muito elevado (RADUNZ, SMITH, 1 996).

O risco que os pesticidas apresentam pode ser classificado em quatro grupos baseados no efeito total. Isto é determinado por três propriedades: a toxicidade direta para, as abelhas recentemente pulverizadas, a persistência da atividade dos resíduos e o tempo até a morrer. Outros fatores influenciarão o resultado tais como a temperatura, a quantidade de produto químico aplicado na colheita e a porcentagem das abelhas do campo que buscam alimento na área pulverizada. Alguns fungicidas e herbicidas podem também afetar e seu uso próximo às áreas de procura alimentar das abelhas deve ser evitado (RADUNZ, SMITH, 1996).

Entre as principais causas do declínio de polinizadores em áreas agrícolas está o uso inadequado de práticas de cultivo e o uso abusivo de agroquímicos. Além dos efeitos de toxicidade aguda, que levam a morte das abelhas, os inseticidas podem provocar alterações comportamentais e com o passar do tempo causar prejuízos para as colônias, além de comprometer as populações de insetos benéficos a medida que eliminam recursos alimentares (ROCHA, 2012).

Várias espécies de abelhas nativas são listadas em listas regionais de espécies ameaçadas de extinção, verificada no Quadro 6.

QUADRO 6. Listagem de abelhas ameaçadas de extinção no Rio Grande do Sul.

TAXON	NOME POPULAR	CATEGORIA DE AMEAÇA
Hymenoptera		
ANDRENIDAE		
<i>Arhysosage caxtorum</i> , Moure, 199	-	Vulnerável
APIDAE		
<i>Epicharis dejeanii</i> Lepeletier, 1841	-	Em perigo
<i>Melipona bicolor schenkii</i> Gribodo, 1893	guaraipo	Vulnerável
<i>Melipona marginata obscurior</i> Moure, 1971	Manduri	Vulnerável
<i>Melipona quadrifasciata quadrifasciata</i> Lepeletier, 1836	Mandaçaia	Em perigo
<i>Monoeca xanthopyga</i> Harter-Marques & Moure, 2001	-	Vulnerável
<i>Plebeia wittmanni</i> Moure e Camargo, 1989	Mirim-mosquito	Em perigo
COLLETIDAE		

Bicolletes franki Friese, 1908	-	Em perigo
Bicolletes pampeana Urban, 1995	-	Em perigo
Leioproctus fulvoniger Michener, 1989	-	vulneravel

Adaptado Decreto Estadual n 41.672/2002

4.8 Presença de Pesticida no Mel

As abelhas são insetos importantes tanto ecologicamente quanto economicamente. Ecologicamente, como já visto, por serem consideradas bioindicadores da qualidade ambiental. Economicamente, por produzirem mel, cera, geleia real e própolis, que são utilizados para promoção de emprego e renda. Não apenas as abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) como também as abelhas nativas (diversas espécies de Meliponídeos) podem ser exploradas economicamente. Estas têm seu produto bastante valorizado, por sua excelente qualidade, menor volume produzido, entre outros fatores, como ser considerado um produto orgânico sem presença de pesticidas (ALBUQUERQUE & MENDONÇA, 1996).

O mel é o produto natural elaborado por abelhas a partir de néctar de flores e exsudatos sacarínicos de plantas, um fluido viscoso, aromático e doce, os quais, depois de levados para a colmeia pelas abelhas, são amadurecidos por elas e estocados no favo para sua alimentação (ARRUDA, 2002).

Na história da humanidade, o mel foi uma das primeiras fontes de açúcar para o homem. No Brasil até o século XIX, o mel e a cera utilizados na alimentação pelos índios e brancos e a confecção de velas pelos jesuítas, eram provenientes das abelhas sem ferrão (NOGUEIRA-NETO, 1997). Por sua origem, o mel pode ser floral, obtido dos néctares das flores e se divide em mono floral, quando o produto procede principalmente da origem de flores de uma mesma família, gênero ou espécie e possui características sensoriais, físico-químicas e microscópicas próprias e multifloral ou poli floral quando é obtido a partir de diferentes origens florais. O melato ou mel de melato é obtido principalmente a partir de secreções das partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que se encontram sobre elas (SOUZA, 2003).

O mel é classificado de acordo com o processo de obtenção em (CRANE, 1983):

- (a) mel virgem - produto que flui espontaneamente dos favos, quando desoperculados,
- (b) mel centrifugado - obtido por processo de centrifugação,
- (c) mel prensado - obtido por compressão a frio,
- (d) mel em favos - mantido dentro dos próprios favos,

E de acordo com as suas características físicas e químicas:

- (a) mel de mesa,
- (b) mel industrial

O mel não poderá conter substâncias estranhas à sua composição normal, nem ter adição de corretivos de acidez, poderá apresentar-se parcialmente cristalizado e não deverá possuir caramelização, nem espuma superficial (NORONHA, 1997). A composição do mel depende, principalmente, das fontes vegetais das quais ele é derivado, mas também de diferentes fatores, como o solo, a espécie da abelha, o estado fisiológico da colônia, o estado de maturação do mel, as condições meteorológicas quando da colheita, entre outros.

Além dos açúcares em solução, o mel também contém ácidos orgânicos, enzimas, vitaminas, flavonoides, minerais e uma extensa variedade de compostos orgânicos, que contribuem para sua cor, odor e sabor (NOGUEIRA-NETO, 1997).

A contaminação humana pelo consumo do mel pode ocorrer de forma indireta quando construímos apiários próximos às áreas de aplicação desses compostos químicos na lavoura da 'circunvizinhança'. Esta atitude aumenta as chances de se consumir um mel com enorme risco de estar contaminado por pesticidas, e com suas características físico-químicas modificadas (RADUNZ, SMITH, 1996). Além do perigo que representa entrar em contato direto com tais substâncias, existe outro problema importante: a contaminação do meio ambiente. Essas substâncias são resistentes e acumulativas que permanecem durante muito tempo em solos, águas, vegetais e animais, que compõem a dieta alimentar humana, transmitindo-se ao longo da cadeia alimentar, sofrendo bioacumulação e biomagnificação. Lembrando que as abelhas e outros insetos podem ser biocarreadores e biodissipadores do pesticida nos seus respectivos ecótopos interferindo na sua diversidade e população. No caso da abelha especificamente, há um agravante, o fato dos seres humanos se alimentarem do seu produto, o mel (ARAÚJO *et al.*, 2001).

A exposição a pesticidas aumenta a susceptibilidade de toxinas e mortalidades por doenças, incluindo o parasita intestinal *Nosema* spp.. Estes aumentos podem ser ligados a alterações induzidas com inseticidas para vias do sistema imunitário, que foram encontrados por vários insetos, incluindo abelhas (PETTIS *et al.*, 2013).

Pesquisas de reservas alimentares de colônias e materiais de construção (ou seja, cera) encontraram níveis elevados e diversidade de produtos químicos em colônia. Estas misturas têm um forte potencial para afetar o funcionamento imunológico individual e colônia (PETTIS *et al.*, 2013).

Um patógeno de grande preocupação para os apicultores é *Nosema* sp. As infecções fúngicas endoparasitas de *N. apis* e *N. ceranae* afetam adversamente a saúde das abelhas e da colônia, e pode resultar em colapso completo da colônia. A infecção com *Nosema* no outono leva a má hibernação e desempenho na primavera seguinte, e as rainhas podem ser substituídas logo após serem infectadas com o *Nosema* sp. (PETTIS *et al.*, 2013).

No Brasil, a nonemose ocorria com certa frequência até a década de 80, mas nos últimos anos, não tem sido detectada. O fungo afeta principalmente o ventrículo (estômago da abelha) causando problemas na digestão dos alimentos e pode provocar disenteria. A doença diminui a longevidade das abelhas, causando um decréscimo na população e, conseqüentemente, na produtividade das colmeias. Os sintomas nas abelhas geralmente envolvem tremores e dificuldade de locomoção; o intestino apresenta-se branco-leitoso, rompendo-se com facilidade; as abelhas operárias campeiras morrem na frente do alvado, havendo, em alguns casos, fezes no alvado e nos favos (EMBRAPA, 2002).

Além disso, os pesticidas podem ter efeitos subletais em desenvolvimento, reprodução, aprendizagem e memória, e comportamento de forrageamento (PETTIS *et al.*, 2013).

5 DECLÍNIO DE POLINIZADORES E USO IRRACIONAL DE AGROQUÍMICOS

Um fenômeno conhecido mundialmente como “declínio dos polinizadores” tem causado apreensão nas últimas décadas. Nos Estados Unidos, entre 1990 e 1994 houve uma redução de 20% no número total de colônias de abelhas melíferas. Na Europa está sendo descrito uma redução bastante acentuada nos últimos anos, tanto das abelhas *Apis mellifera* quanto das abelhas nativas (ORTH & MATOS, 2000). Recentemente, nos Estados Unidos, a situação de alerta tem se intensificado, já que nos invernos de 2006 e 2007, uma grande quantidade de colmeias foi perdida, devido a um conjunto de sintomas conhecido atualmente como CCD (*Colony Collapse Disorder*) (SPIVAK, 2008).

Até o momento, acredita-se que a CCD seja causada por uma combinação de diversos fatores, entre eles estão citadas as novas doenças, as parasitoses, a influência genética, a nutrição, os pesticidas agrícolas e as alterações no agroecossistema (DE JONG & MESSAGE, 2008; SPIVAK, 2008). Malaspina et al (2008) relataram episódios no Brasil com perda de 400 colmeias, mas na maioria dos casos, não foram coletadas amostras para análise e comprovação da contaminação. Outros relatos sobre a mortalidade súbita de abelhas têm sido feito por apicultores de diversas regiões do país, como Piauí, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo.

O uso indiscriminado e irracional de agroquímicos nos agroecossistemas, especialmente de inseticidas, pode ocasionar o desequilíbrio da população de abelhas que visitam estes locais, além dos perigos aos seres humanos nos aspectos ocupacionais, alimentares e de saúde pública (MALASPINA *et al.*, 2008; MALASPINA & SOUZA, 2008)

O Centro de Pesquisa e Extensão Apícola (CEPEA) de Santa Catarina, sendo uma referência estadual para todos os assuntos pertinentes à apicultura, tem recebido inúmeras solicitações de atendimento por parte de produtores e técnicos, que relatam casos de mortalidade e desaparecimento de abelhas. Em 2008 foi realizada coleta de amostras, com posterior envio das mesmas para um laboratório particular de análises toxicológicas. Os resultados das análises indicaram a presença de inseticida do grupo dos organofosforados (CEPEA, 2008).

Os pesticidas que apresentam efeito tóxico mais frequente são organofosforados, seguidos por carbamatos e organoclorados (PORRINI et al., 2003). Observa-se que o risco dos pesticidas carbaril, cloropirifós, diazinona, dimetoato, ometoato, metomil, fentiona, metamidofós, metidationa, monocrotofós para as abelhas é elevado para aquelas que procuram alimento até 10 horas depois da pulverização. Estes pesticidas nunca deverão ser pulverizados na plantaçaõ durante a florada, especialmente se as colmeias são ativas e se a plantaçaõ requer polinizaçaõ.

O risco é moderado com expectativa de algumas perdas no número de indivíduos 10 horas depois da pulverizaçaõ de acetato de demeton-s-metil (RADUNZ, SMITH, 1996). O risco é baixo, com uma pequena chance das abelhas morrerem no intervalo de 3 a 5 horas após a pulverizaçaõ de endosulfam, dicofol, óleos de petróleo, a maioria de produtos químicos piretróides e triclorofom. O risco será mínimo mesmo se pulverizados em excesso nos locais da busca alimentar para as formulações do *Bacilo thuringiensis*, propargito, oxtioquinox, havendo pouco risco de perder abelhas se estes produtos são pulverizados na noite em que a procura por alimentos terminar (RADUNZ, SMITH, 1996).

5.1 Uso de agroquímicos no Rio Grande do Sul

No Brasil, o consumo de agroquímicos é superior a 300 mil toneladas de produto formulado, sendo que isto corresponde a 130 mil toneladas em ingredientes ativos, visto que o aumento da área agrícola neste período foi de apenas 78% (SPAROTTO et al., 2004).

Segundo dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária e do Observatório da Indústria dos Agrotóxicos da Universidade Federal do Paraná, divulgados durante o 2º Seminário sobre Mercado de Agrotóxicos e Regulação, realizado em Brasília, em abril de 2012, enquanto nos últimos dez anos o mercado mundial de agroquímicos cresceu 93 %, o mercado brasileiro cresceu 190 %. Em 2008, o Brasil ultrapassou os Estados Unidos e assumiu o posto de maior mercado mundial de agroquímicos. Na safra envolvendo o segundo semestre de 2010 e o primeiro semestre de 2011, o mercado nacional de agroquímicos movimentou 936

mil toneladas de produtos, sendo 833 mil produzidas no país, e 246 mil importadas conforme Quadro 7 (ANVISA; UFPR, 2012).

QUADRO 7. Consumo de agroquímicos e fertilizantes químicos nas lavouras do Brasil, de 2002 a 2011.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Agroquímicos Milhões L	599,5	643,5	693,0	706,2	687,5	686,4	673,9	725,0	827,8	852,8
Fertilizante Milhões Kg	4910	5380	6210	6550	6170	6070	6240	6470	6497	6743

O Centro Estadual de Vigilância em Saúde, fez projeções com base em informações coletadas sobre a safra 2009/2010 e indicou o uso de 85 milhões de litros de agroquímicos no Estado. É como se cada gaúcho, à época, utilizasse 8,3 litros de veneno a cada ano, no período analisado. O volume *per capita* gaúcho é bem superior ao nacional. Um estudo da Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO) mostra que, em 2011, a média do país foi de 4,5 litros por habitante.

Na Mostra Nacional de Experiências Bem Sucedidas em Epidemiologia, Prevenção e Controle de Doenças (EXPOAPI), organizada pelo Ministério da Saúde, o estudo identificou o noroeste do Estado como a região que mais aplica defensivos, Isto por ser a principal região produtora de grãos, com os maiores volumes por quilômetro quadrado. O quadro grave de contaminação por agroquímicos na água, ocorre na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí, com relação entre volume e área de 919 litros por quilômetro quadrado e consumo equivalente a 33,2 litros por habitante na safra 2009/2010, no que temos até 33,2 litros por habitante (Jornal Zero Hora/2013).

6 CONCLUSÃO

O papel dos polinizadores como agentes promotores da produção agrícola é inegável. Por outro lado, vários insumos e práticas agrícolas importantes para os sistemas de produção atuais possuem impactos altamente negativos sobre os polinizadores, tanto quanto na sua diversidade quanto na sua abundância e eficiência de polinização. Entre estes insumos e práticas, os efeitos mais severos são produzidos pelos defensivos agrícolas e na sua forma inadequada de uso.

Levando-se em consideração a quantidade de defensivos agrícolas aplicados no Brasil e os dados apresentados no presente trabalho, notamos que os princípios ativos citados são largamente utilizados em várias culturas agrícolas brasileiras. A confirmação de diagnóstico nos casos de suspeita de envenenamento torna-se cada vez mais necessária, dada a importância no comprometimento da saúde das abelhas, da saúde pública e da produção de alimentos.

Devem-se evitar pulverizações diurnas com inseticidas considerados como de alto risco para as abelhas em culturas-alvo em pleno florescimento, fase mais atrativa, quando as abelhas estão em intensa atividade de forrageamento.

Os agroquímicos representam um importante risco à saúde das populações humanas e ao ambiente devendo, por isso, ser utilizados apenas sob estrita orientação científica e em casos onde sejam absolutamente imprescindíveis. O modo e a extensão com que esses produtos vêm sendo empregados em nosso país têm trazido efeitos deletérios muito maiores que qualquer benefício, tanto do ponto de vista ambiental quanto da saúde humana.

Considerando-se que este trabalho objetivava descrever a importância ambiental das abelhas, foi possível demonstrar, a partir de pesquisa na literatura científica atualizada, esse papel relevante do inseto polinizador e produtor de diferentes insumos alimentícios e farmacêuticos. Entretanto, para que ocorra um equilíbrio entre a atividade agrícola e a apícola, os fazendeiros e os criadores de abelhas devem ter comunicação entre eles, além de que as colmeias devem ser colocadas fora da área da plantação, diminuindo assim o efeito da pulverização do pesticida.

Buscando-se evitar tais contaminações, pode-se sugerir que na florada, a plantação não deverá ser pulverizada a menos que seja absolutamente necessário,

e sempre que possível, deve-se usar os pesticidas que são menos perigosos para as abelhas. Os fazendeiros deverão avisar os apicultores antes de realizar a pulverização permitindo que os mesmos removam ou fechem suas colmeias. Os criadores de abelha também devem contatar as propriedades próximas, deixando um número de telefone de contato, para avisos de aplicações de defensivos agrícolas que ocorram fora da propriedade da fazenda. Todo pesticida que representar uma ameaça às abelhas deve ser pulverizado à noite quando estas não estão à procura de alimento, observando sempre a atividade das abelhas antes de pulverizar. Pesticidas particularmente perigosos para as abelhas, não devem ser utilizados nas plantações durante a florada, pois seus resíduos podem permanecer ativos por muitos dias nas plantas e no pólen contaminado, que se for armazenado na colmeia pode matar as abelhas, mesmo após alguns meses.

Além do efeito letal facilmente perceptível, os pesticidas, primariamente os inseticidas, causam mudanças não facilmente observáveis, que culminam com a ruptura da divisão de trabalho e a exclusão social das abelhas contaminadas (efeitos subletais), podendo traduzir-se em severos danos para a colônia, devido à redução do seu vigor e produtividade. No curto prazo, muitos desses efeitos ocorrem em níveis abaixo daqueles estimados como prováveis de ocorrer, após as aplicações. A maioria desses efeitos é de difícil identificação e marcadores a nível celular como as “proteínas de defesa” (*heat shock proteins* – HSPs) produzidas nos túbulos de Malpighi, glândulas salivares e estômagos das abelhas poderiam ser usados para comparações entre áreas com e sem aplicações de defensivos para determinar alterações sub-letais sofridas por abelhas, conforme sugerido por Malaspina & Silva-Zacarin (2006).

REFERENCIAS

ALBUQUERQUE, P. M. C., MENDONÇA, J. A. C. Anthophoridae (Hymenoptera, Apoidea) e flora associada em uma formação de cerrado no município de Barreirinhas, MA, Brasil. *Acta Amazônica*, 1 996.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos: relatório anual**. Brasília, 2002.

ARAÚJO, Soraya Maria Mendonça; LEMOS, Raimunda Nonata Santos de; QUEIROZ, Maria Eliana Ribeiro de. **Uso de Inseticidas Organofosforados nos Pólos de Produção na Ilha de São Luís-MA: Condições de Trabalho e contaminação de Hortaliças**. *Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, 2001.

ARRUDA, C.M.F. **Características físico-químicas de amostras de méis de Apis mellifera**. (Hymenoptera: Apidae) de diferentes estados do Nordeste Brasileiro. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- Universidade de São Paulo. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SAÚDE COLETIVA (ABRASCO). **Dossiê ABRASCO 1 – Agrotóxicos: agrotóxicos, segurança alimentar e nutricional e saúde**. 88 páginas, Rio de Janeiro – RJ. 2012

Associação Brasileira dos Exportadores de Mel (ABEMEL) <http://brazillletsbee.com.br/abemel.aspx> acesso em 2014.

ATKINS, E. L. & KELLUM, D. **Comparative morphogenic and toxicity studies on the effect of pesticides on honeybee brood**. *Journal of Apicultural Research*. 1986.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). **Toxicological profile for xilenes**. Department. of Health and Human Services, Atlanta, Georgia. 1993.

BENDAHOU, N.; FLECHE, C. & BOUNIAS, M. **Biological and biochemical effects of chronic exposure to very low levels of dietary cypermethrin (Cymbush) on honeybee colonies (Hymenoptera:Apidae)**. *Ecotoxicological and Environmental Safety*. 1999.

BOSCH, J. & KEMP, W.P. **Developing and stablishing bee species as crop pollinators: the example of Osmia spp** (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research*. 2002.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrotóxicos. Brasília-DF. br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.(Acesso 2014).

CARVALHO, S.M. et al. **Toxidade de acaricidas/inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada Apis mellifera L.**, 1978 (Hymenoptera: Apidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 2009.

CIGANA, Caio. Uso de agrotóxicos no Rio Grande do Sul chega a quase o dobro da média nacional. Jornal Zero Hora - **Veneno do campo à cidade, publicado em 24/11/2013.**

COUTINHO, Claudia F. B., TANIMOTO, Sonia T., GARBELLINI, Gustavo S., et al. **Pesticidas Mecanismos de Ação e Degradação e Toxidez.** Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba. 2005.

COX, R.L. & WILSON, W.T. **Effects of permethrin on the behavior of individually tagged honey bees, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae).** *Environmental Entomology.* 1984

CRANE, E. **O livro do mel.** São Paulo: Nobel, 1 983.

DE JONG, D. O valor da abelha na produção mundial de alimento. In: **Congresso Brasileiro de Apicultura**, Florianópolis, SC, Anais. 2000.

DE JONG, D.; MESSAGE, D. New and exotic disease threats for Brazilian bees. In: **Encontro sobre abelhas**, 8, Ribeirão Preto, SP, Anais. 2008.

DECOURTYE, A.; LE METAYER, M.; POTTIAU, H.; TISSUER, M.; ODOUX, J.F. & PHAM-DELEGUE, M.H. **Impairment of olfactory learning performances in the honeybee after long term ingestion of imidacloprid.** Hazards of pesticides to bees. INRA, France. 1999.

DELAPLANE, K.S. & Mayer, D.F. **Crop pollination by bees.** CABIPublishing, New York, NY. 2000.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) <https://www.embrapa.br/> acesso em novembro de 2014. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mel/SPMel/historico2.htm>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) <https://www.embrapa.br/> acesso em dezembro de 2014. **Abelhas melíferas:** bioindicadores de qualidade ambiental e de sustentabilidade da agricultura familiar. Pelotas, RS, 2008. (Embrapa Meio Ambiente, Documentos, 244).

EPA (Environmental Protection Agency). **Pesticide safety for farmworkers.** Washington DC: United States Environmental Agency, Office of Pesticide Programs, 1985.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2004. **Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture** - the international response.

FREITAS & J.O.P. PEREIRA. Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Imprensa Universitária Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

FREITAS, B.M. **Potencial da caatinga para a produção de pólen e néctar para a exploração apícola.** *Dissertação de Mestrado.* Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, Brasil. 1991.

FREITAS, B.M. Beekeeping and cashew in north-eastern Brazil: the balance of honey and nut production. *Bee World.* 1994.

FREITAS, Breno Magalhães; PINHEIRO, José Nunes. **Efeitos letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros.** *Oecologia Australis.* 2010.

FUNDACENTRO. **Prevenção de acidentes no trabalho com agrotóxicos: segurança e saúde no trabalho.** São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, Ministério do Trabalho, 1998.

GUPTA, P.R. & CHANDEL, R.S. **Effects of diflubenzuron and penfluron on workers of *Apis cerana indica* F and *Apis mellifera* L.** *Apidologie.* 1995.

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA. Acesso em dezembro de 2014.

JAYCOX, E.R.; SKOWRONEK, W. & GUYNN, G. **Behavioral changes in worker honey bees (*Apis mellifera*) induced by injections of juvenile hormone mimic.** *Annual Entomology Society of America,* 1974.

JOHANSEN, C.A. & MAYER, D.F. **Pollinator protection. A bee & pesticide handbook.** Wicwas Press, Cheshire, USA. 1990

JONATAN, T. **Introduction of environmental studies.** New York: Saunders College, 1989.

KALVELAGE, H. **Valor das abelhas *Apis mellifera* na produção agrícola de Santa Catarina.** Congresso Brasileiro de Apicultura, Florianópolis, SC, Anais. 2000

KIDD, H. & JAMES, D.R. **The Agrochemicals Handbook.** 3edição. Royal Society of Chemistry Information Systems, Surrey, England. 1994.

KLEIN, A.M.; VAISSIÈRE, B.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. **Importance of crop pollinators in changing landscapes for world crops.** *Proceedings of the Royal Society of London.* 2007

KREMEN, C. **Crop pollination services from wild bees.** *In:* R.R. James & T. Pitts-Singer (eds.). *Bee pollination in agricultural ecosystems.* Oxford University Press, Oxford, UK. 2008.

MALASPINA, O.; SOUZA, T. F. **Reflexos das aplicações de agrotóxicos nos campos de cultivo para a agricultura brasileira.** *In:* Congresso Brasileiro de Apicultura e de meliponicultura, Belo Horizonte, MG, Anais. 2008.

MALASPINA, O.; SOUZA, T. F.; ZACARIN, E. C.; CRUZ, A. S.; JESUS, D. **Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil**. In: Encontro sobre abelhas, 8, Ribeirão Preto, SP, Anais. 2008.

MAYER, D.F. & LUNDEN, J.D. **Field and laboratory tests of the effects of fipronil on adult female bees of *Apis mellifera*, *Megachile rotundata* and *Nomia melanderi***. Journal of Apicultural Research, 1999.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Informativo MMA, 2000**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/ascom/imprensa/marco2000/informma15.html>.

MORAES, Simone S., BÀUTISTA, Ana Rita L., VIANA, Blandina F. ECOLOGIA, COMPORTAMENTO E BIONOMIA. **Avaliação da Toxicidade Aguda de Inseticidas para *Scaptotrigona tubiba* (Smith) (Hymenoptera: Apidae)**: Via de Contato. Anais da Soc. Entomology. 2000.

MUSSEN, Eric C. **Honey Bees and Agricultural Sprays**. Extension Apiculturist, University California Davis. 1996.

NAUMANN, K.; CURRIE, R. W. & ISMAN, M.B. **Evaluation of the repellent effects of a neem insecticide on foraging honey bees and other pollinators**. *Canadian Entomology*, 1994.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1 997.

O'TOOLE, C. **Diversity of native bees and agroecosystems**. In: J. LaSalle & I. D. Gauld. Hymenoptera and Biodiversity. CAB International, Wallingford. 1993.

OPS (Organização Pan-americana da Saúde). **Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância Sanitária. Brasília: Organização Pan-americana da Saúde/OMS, 1996.

ORTH, A. I.; MATOS, J. Z. O declínio dos polinizadores no mundo: recomendações para reverter o quadro atual. In: Congresso Brasileiro de apicultura. Florianópolis, SC, Anais. 2000.

PERES, Frederico; MOREIRA, Josino Costa; DUBOIS, Gaetan Serge. **É veneno ou remédio?**. Capítulo 1. Editora FIOCRUZ, Manginhos-RJ. 2003.

PETTIS, Jeffery S.; LICHTENBERG, Elinor M.; ANDREE, Michael; STITZINGER, Jennie; ROSE, Robyn; ENGELSDORP, Dennis van. **Crop Pollination Exposes Honey Bees to Pesticides Which Alters Their Susceptibility to the Gut Pathogen *Nosema ceranae***. Plos One, Julho de 2013.

PINHEIRO, J.N. & FREITAS, B.M. **Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros**. Oecologia Australis. 2010.

PORRINI, Claudio, SABATINI, Anna Gloria, GIROTTI, Stefano, et al. **The death of honey bees and environmental pollution by pesticides: the honey bees as biological indicators.** Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali, Università di Bologna, Italy, 2003.

RADUNZ, L., SMITH, S. C. **Pesticides-Hazard to Honey Bees.** Darwin Entomology, July, 1996

RICHARDS, A. J.. **Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield?** Annals of Botany. 2001.

RIEDL, H; JOHANSEN, E.; BREWER, L. & BARBOUR, J. **How to reduce bee poisoning from pesticides.** Pacific Northwest Extension, Oregon State University, Corvallis, United States. 2006.

RIETH, J.P. & LEVIN, M.D. **The repellent effect of two pyrethroid insecticides on the honey bee.** Physiological Entomology. 1988

RIETH, J.P. & LEVIN, M.D. **Repellency of two phenyl-acetate-ester pyrethroids to the honeybee.** Journal of Apicultural Research. 1989.

RISSATO, Sandra Regina; GALHIANE, Mário Sérgio. **Método multiresíduo para monitoramento de contaminação ambiental de pesticidas na região de Bauru (SP) usando mel como bio-indicador.** Bauru, São Paulo. Química Nova, 2006.

SANFORD, Malcolm T. **Protecting honey Bees from Pesticides.** University of Florida, IFAS EXTENSION. 2003.

SCHENK, P.; IMDORF, A. & FLURI, P. **Effects of neem oil on varroa mites and bees.** Bee Research Centre, Bern, Switzerland. 2001

SCHMUCK, R.; SCHOUNING, R.; STORK, A. & SCHRAMET, O. **Risk posed to honeybees (*Apis mellifera* L., Hymenoptera) by an imidacloprid seed dressing of sunflowers.** Pest Management Science. 2001.

SCHRICKER, B. & STEPHEN, W.P. **The effect of sublethal doses of parathion on honeybee behaviour.** I. Oral administration and the communication dance. Journal of Apicultural Research. 1970.

SMIRLE, M.J. **The influence of colony population and brood rearing intensity on the activity of detoxifying enzymes in worker honey bees.** Physiological Entomology. 1993.

SOLOMON, M.G. & HOOKER, K.J.M. **Chemical repellents for reducing pesticide hazard to honeybees in apple orchards.** Journal of Apicultural Research. 1989.

SOUZA, C.C. de. **Caracterização físico-química, química e análise de sabor de méis poli florais.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba. 2003.

SPAROTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDREA, M. M. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações.** Jaguariúna. 2004. (Embrapa Meio Ambiente, Documentos, 42).

SPIVAK, M. **Impactos do desaparecimento das abelhas no cenário internacional.** In: Congresso Brasileiro de apicultura e de meliponicultura. Belo Horizonte, MG, Anais. 2008.

STEFFAN-DEWENTER, I.; KLEIN, A.M.; ALFERT, T.; GAEBELE, V. & TSCHARNTKE, T. **Bee diversity and plant-pollinator interactions in fragmented landscapes.** N.M. Waser & J. Ollerton (eds.). Specialization and generalization in plant-pollinator interactions Chicago Press, Chicago. 2006.

STEFFAN-DEWENTER, I.; POTTS, S.G. & PACKER, L. **Pollinator diversity and crop pollination services are at risk.** Trends in Ecology and Evolution. 2005.

STONER, A.; WILSON, W.T. & HARVEY, J. **Dimethoate (Cygon): effect of long-term feeding of low doses on honey bees in standard size field colonies.** The Southwestern Entomology. 1983.

STONER, A.; WILSON, W.T. & HARVEY, J. **Acephate (Orthene): effects on honey bee queen, brood and worker survival.** American Bee Journal. 1985.

STONER, A.; WILSON, W.T. & RHODES, H.A. **Carbofuran: effect of long-term feeding of low doses in sucrose syrup on honeybees in standard-size field colonies.** Environmental Entomology. 1982.

TAYLOR, K.S.; WALLER, G.D. & CROWDER, L.A. **Impairment of a classical conditioned response of the honey bee (*Apis mellifera* L.) by sublethal doses of synthetic pyrethroid insecticides.** Apidologie. 1987.

THOMPSON, H.M. **Behavioural effects of pesticides in bees – their potential for use in risk assessment.** Ecotoxicology. 2003.

VANDAME, R.; MELED, M.; COLIN, M.E. & BELZUNCES, L.P. **Alteration of the homing-flight in the honey bee *Apis mellifera* L. exposed to sublethal dose of deltamethrin.** Environmental Toxicology Chemistry. 1995.

WHO (World Health Organization). **Public health impact of pesticides used in agriculture.** Geneva: World Health Organization, 1990.

WINSTON, M.L. **The biology of the honey bee.** Harvard University Press, Massachusetts, USA. 1987.

WOLFF, L. F. B. **Efeitos dos agrotóxicos sobre a apicultura e a polinização de soja, citros e macieira.** In: Congresso Brasileiro de apicultura Florianópolis, SC, Anais. 2000.