



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

**REVISÃO SOBRE TOXICIDADE DE INSETICIDAS A ABELHA *Apis*
mellifera (HYMENOPTERA: APIDAE)**

SÁVIO MATHEUS DE SÁ CALLOU

POMBAL/PB
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

REVISÃO SOBRE TOXICIDADE DE INSETICIDAS A ABELHA *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE)

SÁVIO MATHEUS DE SÁ CALLOU

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Agronomia do Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar da
Universidade Federal de Campina Grande,
para obtenção do grau de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. EWERTON MARINHO DA COSTA

| | |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C153r | <p>Callou, Sávio Matheus de Sá.</p> <p>Revisão sobre toxicidade de inseticidas a abelha <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: apidae). / Sávio Matheus de Sá Callou. - Pombal, 2021.</p> <p>41 f. : il. color.</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.</p> <p>"Orientação: Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa."</p> <p>Referências.</p> <p>1. Abelhas. 2. <i>Apis mellifera</i>. 3. Hymenoptera. 4. Polinização. 5. Pesticida. 6. Inseticidas - toxicidade. I. Costa, Ewerton Marinho da. II. Título.</p> <p>CDU 638.1(043)</p> |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

REVISÃO SOBRE TOXICIDADE DE INSETICIDAS A ABELHA *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE)

SÁVIO MATHEUS DE SÁ CALLOU

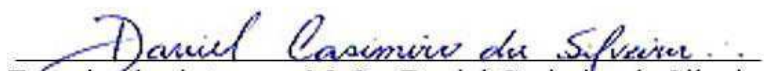
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 18/05/2021

BANCA EXAMINADORA



Orientador – Professor Dr. Ewerton Marinho da Costa
(CCTA/UFCG)



Examinador interno – M. Sc. Daniel Casimiro da Silveira
(UAEQ/CCT/UFCG)



Examinadora Externa – D. Sc. Jacqueline Alves de Medeiros Araújo Costa

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a Deus pela saúde e força para chegar neste momento especial da minha vida, aos meus pais que sempre me apoiaram e fizeram de tudo para eu conseguir chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, força e coragem para vencer todos os obstáculos encontrados durante o curso.

A minha mãe, Maria de Cássia de Sá Callou Freire, por tudo que fez por mim e faz.

Ao meu Pai, Gesinaldo Freire de Sá, que sempre batalhou por mim e minha família.

Ao meu Orientador, Ewerton Marinho da Costa, pelos ensinamentos e confiança e amizade durante a minha formação.

A Universidade Federal de Campina Grande e a todos seus professores pelo conhecimento passado.

Aos meus amigos do grupo de entomologia Leandro, Caio, Allyson, Leticia, Kaique obrigado pela ajuda e a amizade de vocês.

A banca examinadora.

Ao meu grupinho, Patrícia, Karol, Andréia que me ajudou muito nas horas difíceis de estudo.

Aos amigos que fiz em Pombal, Thaila, Edna, Gabriel, Bianca, Cecilia que estiveram nessa minha jornada acadêmica.

Ao meu Grupo, os Pernambucanos, Jair, Henrique, Vitor, Michael, Igor, Mateus e ao paulista intruso Joadir.

A minha turma 2014.2, Mateus Granja, Leonardo, Lucas, Edmilson, Luan, meu muito obrigado pela amizade.

Ao meu amigo Diego que me conduziu e ajudou com esse presente trabalho.

A todos, meus mais sinceros agradecimentos!

RESUMO

A abelha *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) é um dos principais agentes polinizadores de plantas nativas e cultivadas de todo o mundo. Apesar da importância para polinização, nos últimos anos tem sido observado o declínio de polinizadores em áreas agrícolas, sendo o uso abusivo de agrotóxico uma das principais causas apontadas para a mortalidade desses agentes. Diante disso, é crescente o número de trabalhos visando avaliar a toxicidade de pesticidas, especialmente os inseticidas, sobre *A. mellifera*, destacando-se as pesquisas com grupos químicos como Neonicotinóides, Piretróides, Organofosforatos, Carbamatos e Pirazóis. Somente conhecendo os impactos dos inseticidas sobre as abelhas será possível realizar o manejo sustentável e a preservação de polinizadores em áreas agrícolas. Diante do exposto e devido à importância global do tema, objetivou-se realizar um compilado de informações sobre a toxicidade de inseticidas sobre *A. mellifera*. De acordo com o levantamento de informações na literatura, os Neonicotinóides, Espinosinas, Carbamatos, Piretróides, Organofosforados, Pirazóis são relatados como tóxicos às abelhas. Grupos químicos relativamente mais novos como as Antranilamidas tem ocasionado baixa mortalidade sobre *A. mellifera*, entretanto tem se observado prejuízos na mobilidade das abelhas após exposição aos inseticidas do referido grupo químico.

Palavras-chaves: Polinizadores; Desaparecimento; Pesticidas;

ABSTRACT

The honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) is one of the main pollinating agents of native and cultivated plants from all over the world. Despite the importance for pollination, in recent years the decline of pollinators in agricultural areas has been observed, with the abuse of pesticides being one of the main causes pointed out for the mortality of these agents. In view of this, there is an increasing number of studies evaluating the toxicity of pesticides, especially insecticides, on *A. mellifera*, standing as research with chemical groups such as Neonicotinoids, Pyrethroids, Organophosphorates, Carbamates e Pirazoles. Only by knowing the impacts of insecticides on bees will it be possible to carry out sustainable management and the preservation of pollinators in agricultural areas. In view of the above and due to the global importance of the topic, the aim of the present study was to compile information on the toxicity of insecticides on *A. mellifera*. According to the survey of information in the literature, Neonicotinoids, Spinosads, Carbamates, Pyrethroids, Organophosphates, Pyrazoles are reported to be extremely toxic to bees. Relatively newer chemical groups such as Anthranilamides have caused low mortality on *A. mellifera*, however, there has been observed damage in the mobility of bees after exposure to the insecticides of that chemical group.

Keywords: Pollinators; Disappearance; Pesticides.

Sumário

| | | |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 2. | MATERIAL E MÉTODOS..... | 11 |
| 3. | RESULTADOS | 11 |
| 3.1 | A ABELHA <i>Apis mellifera</i> : CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, COMPORTAMENTAIS E BIOLÓGICAS..... | 11 |
| 3.2 | IMPORTÂNCIA DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> PARA POLINIZAÇÃO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS..... | 15 |
| 3.3 | CONTROLE QUÍMICO DE PRAGAS NA AGRICULTURA | 16 |
| 3.4 | TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE <i>Apis mellifera</i> | 18 |
| 3.5 | TOXICIDADE DE NEONICOTINÓIDES SOBRE <i>Apis mellifera</i> | 19 |
| 3.6 | TOXICIDADE DE ORGANOFOSFORADOS SOBRE <i>Apis mellifera</i> | 23 |
| 3.7 | TOXICIDADE DE PIRETRÓIDES SOBRE <i>Apis mellifera</i> | 25 |
| 3.8 | TOXICIDADE DE CARBAMATOS SOBRE <i>Apis mellifera</i> | 27 |
| 3.9 | TOXICIDADE DE PIRAZÓIS SOBRE <i>Apis mellifera</i> | 28 |
| 3.10 | TOXICIDADE DE ESPINOSINAS SOBRE <i>Apis mellifera</i> | 29 |
| 3.11 | TOXICIDADE DE ANTRANILAMIDAS SOBRE <i>Apis mellifera</i> | 30 |
| 4. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 32 |
| 5. | REFERENCIAS | 32 |

1. INTRODUÇÃO

A polinização de cerca de 90% das plantas cultivadas e silvestres na região tropical dependem das abelhas (OLLERTON et al., 2011). O processo de polinização é realizado por meio da visitação das abelhas nas flores, fato que proporciona a transferência de grãos de pólen para os estigmas de outras flores (ROBERTO et al., 2015; BARBOSA et al., 2017).

Segundo Aizen et al. (2009), nos últimos anos a produção das culturas vêm crescendo em larga escala, mas em contrapartida o número de agentes polinizadores vem entrando em declínio, e esses números negativos a maioria vem do hemisfério Sul, aonde a produção é cada vez maior. Gallai et al. (2009) informaram que se o declínio dos polinizadores continuar a crescer, a quantidade de polinizadores será mínima em escala mundial e o mundo estaria em uma situação precária em relação ao consumo de vegetais.

Apesar da importância para polinização, nas últimas décadas tem-se observado o desaparecimento de abelhas em áreas agrícolas, sendo o uso de pesticidas, principalmente inseticidas neonicotinóides, uma das principais causas apontadas para o declínio dos polinizadores (FLETCHER; BARNETT, 2003; RHODES; SCOTT, 2006; FREITAS et al., 2009; LEONHARDT et al., 2013). No Reino Unido, entre os anos de 1989 e 2003, foi observado por Barnett et al. (2007), que a redução das colônias estava relacionada diretamente com a aplicação de inseticidas Organofosforados, carbamatos e piretróides. No Brasil, pesquisa recente alertou sobre as perdas de colônias de *Apis mellifera* L. em todas as regiões do país, sendo os pesticidas uma das principais causas apontadas (CASTILHOS et al., 2019).

Em campo, as abelhas podem ser expostas aos pesticidas de maneira direta, por meio do contato com gotículas de uma pulverização, ingestão de alimento contaminado e contato com resíduos dos produtos nas plantas (SILVA et al., 2015; HEARD et al., 2017; CHAM et al., 2019). Alguns pesticidas podem causar efeitos negativos nas abelhas, como morte, alterações fisiológicas, diminuição na longevidade, e alterações comportamentais nos indivíduos, podendo comprometer toda a colônia (MALASPINA et al., 2008; FREITAS; PINHEIRO, 2010; SILVA et al., 2016). As doses subletais de inseticidas apresentaram os seguintes efeitos em abelhas: redução de movimento e da mobilidade, diminuição da capacidade de comunicação e de aprendizagem, dificuldades em retornar para colmeia, dificuldades no forrageamento e na polinização (BORTOLOTTI et al., 2003; DECOURTYE et al., 2005; NOCELLI et al., 2012).

Portanto, diante do grave problema apresentado a nível global, diversas pesquisas são realizadas para esclarecer os impactos dos pesticidas sobre as abelhas. Freitas e Pinheiro

(2010), destacaram que a falta de informações a respeito dos efeitos dos pesticidas sobre os polinizadores da agricultura nacional constitui um dos principais obstáculos para os esforços em busca do uso sustentável de polinizadores nas áreas agrícolas. Diante da importância do tema para o equilíbrio ambiental, agricultura, economia e sociedade, o objetivo do trabalho foi elaborar uma revisão de literatura, compilando informações sobre a toxicidade de diferentes inseticidas sobre as abelhas da espécie *A. mellifera*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para elaborar a presente revisão de literatura foram realizadas consultas sistemáticas e periódicas em bases de dados bibliográficos e estatísticos, nacionais e internacionais, na área de entomologia, com ênfase em estudos relacionados às abelhas. As seguintes palavras-chaves foram pesquisadas: polinizadores, abelhas, *A. mellifera*, agrotóxicos, mortalidade, pesticidas, produtos fitossanitários, inseticidas, Neonicotinoides, Carbamatos, Pirazois, Piretroides, Organofosforados, Espinosinas, Antranilamidas, toxicidade, efeito letal, efeito subletal, preservação de polinizadores e conservação de polinizadores.

Ao todo foram utilizados 111 artigos científicos (publicações entre os anos de 1986 e 2020), 4 livros (publicações entre os anos 1997 e 2002), 6 circulares técnicos (publicações entre os anos de 2003 e 2015) e 4 sites especializados.

3. RESULTADOS

Adiante são apresentadas informações em forma de revisão de literatura, relacionadas a características gerais, importância econômica e ecológica, e principalmente sobre toxicidade de inseticidas sobre *A. mellifera*.

3.1 A ABELHA *Apis mellifera*: CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, COMPORTAMENTAIS E BIOLÓGICAS.

3.1.1 MORFOLOGIA

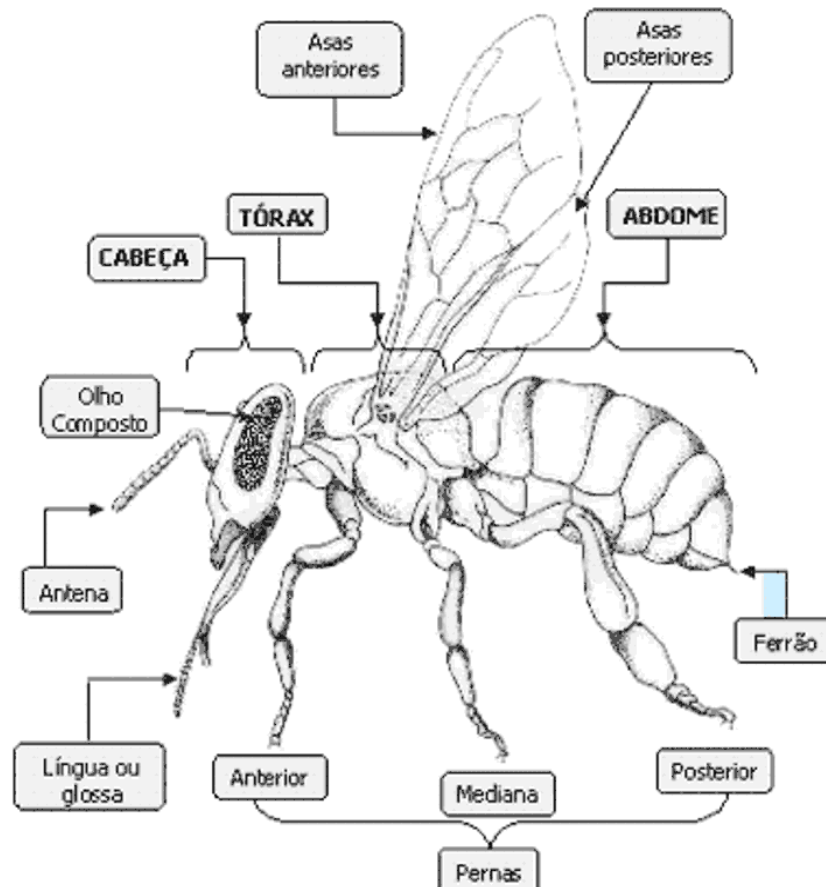
A. mellifera pertence ao reino Animalia, filo Arthropoda, Classe Insecta, subclasse Pterygota, ordem Hymenoptera, Subordem Apócrita, Superfamília Apoidea e família Apidae

(ITAGIBA, 1997). De acordo com Pereira et al. (2003), em estudos sobre a morfologia das abelhas *A. mellifera*, o corpo da abelha é dividido em três partes: cabeça, tórax e abdome. Na cabeça das abelhas existem dois grandes olhos compostos ou facetados, quer dizer que são compostos de vários omatídeos aonde captam imagens, três pequenos olhos simples ou ocelos, esses pequenos olhos conseguem detectar a mudança da intensidade da luz, as abelhas não tem a percepção da cor vermelha, mais das cores como ultravioleta, azul-violeta, azul, verde, amarelo e laranja. Possui um par de antenas que tem a função sensorial, aonde são localizadas estruturas para o olfato, audição e tato, possuem um par de mandíbulas que servem para a colheita do pólen e mastigação da cera, e uma trompa complicada, formada pela língua, pelo lábio inferior e pelos dois maxilares, com a qual sugam a água e o néctar das flores, seu aparelho bucal é o sugador lambedor.

O tórax das abelhas tem três pares de pernas, o primeiro par de pernas tem a função de limpeza do corpo quando está cheio de pólen, o segundo par de pernas é aonde acumula pólen ou própolis e também serve para sustentação do corpo, no terceiro par de pernas é exclusivamente para o armazenamento e acúmulo do pólen e própolis, esse armazenamento ocorre na tíbia do segundo e terceiro par de pernas, esse acúmulo ocorre quando o pólen e própolis são grudados nos tufo de pêlos ou fêmures. Também possui dois pares de asas, aonde é dividido em primeiro par posterior e segundo par anterior (PEREIRA et al., 2003).

O abdome é formado por seis anéis, pouco móvel e na face central encontram-se quatro pares de glândulas que segregam a cera. O aparelho digestivo das abelhas é formado por o esôfago, papo, onde se acumula o mel até que a abelha o lança no fundo do favo, pelo estômago e pelo intestino, possui um ferrão que é ligado ao saco de veneno (PEREIRA et al., 2003) (Figura. 1).

FIGURA 1, Morfologia da abelha *A. mellifera*.



FONTE: Pereira et al.(2003)

3.1.2 COMPORTAMENTO

A agressividade é considerada uma defesa por parte das abelhas, que agem, protegendo-se contra os inimigos naturais e defendendo sua colônia dos intrusos (SILVA et al., 2012). O comportamento defensivo das abelhas melíferas representa uma reação da colônia contra potenciais saqueadores, uma vez que seus ninhos contêm estoques de alimento (mel e pólen), além da presença de crias que atraem inúmeros predadores (KASPEREK et al., 2012). O estudo do comportamento defensivo de abelhas africanizadas é importante como ferramenta no melhoramento genético destes insetos, tanto para facilitar as práticas de manejo realizadas nas colônias, como também para minimizar os riscos de acidentes no apiário (SÁ; SOUSA, 2019).

3.1.3 BIOLOGIA

As abelhas apresentam três castas de indivíduos: rainha, operárias e zangões. Todas essas castas passam por fases (ovo/ larva/ pupa/ adulto) para atingir a forma adulta. Esse período de desenvolvimento é definido como ciclo evolutivo (GALLO et al., 2002).

Tabela 1. Período de Desenvolvimento das abelhas quanto aos dias.

| Período de Desenvolvimento (Dias) | | | | |
|-----------------------------------|-----|-------|------|-------|
| Casta | Ovo | Larva | Pupa | Total |
| Rainha | 3 | 5 | 7 | 15 |
| Operária | 3 | 5,5 | 12,5 | 21 |
| Zangão | 3 | 6,5 | 14,5 | 24 |

FONTE: Gallo et al., 2002.

Segundo Ramos e Carvalho (2007), o ciclo de vida dos zangões é em torno de 80 a 90 dias, o seu nascimento ocorre após 24 dias da postura dos ovos, enquanto que sua maturidade sexual é atingida após 12 dias de vida. Os zangões são alimentados pelas operárias, mas em falta de alimento são expulsos da colônia e acabam morrendo de frio e fome. A quantidade de zangões na colônia depende da quantidade de alimento e das condições da colônia, sendo sua única função a fecundação das rainhas virgens.

Ainda segundo esses autores, as operárias apresentam duração de vida em torno de 60 dias, apesar de ser mais curta do que as dos zangões, seu trabalho é maior. Elas nascem 21 dias após a postura dos ovos, após nascer recebem funções que vai de acordo com sua idade, de 1 a 3 dias elas tornam-se faxineiras (limpeza, reforma e polimento dos alvéolos), de 3 a 7 dias viram nutrizes (alimentam com mel e pólen as larvas com mais de 3 dias), e continuam nessa função até o período de idades de 7 a 14 dias (larvas inferiores há 3 dias e algumas dessas operárias cuidam da rainha, chamada de ama), 14 a 18 dias fazem a limpeza da colméia, 14 a 20 dias se tornam engenheiras (segregam a cera e constroem os favos), de 18 a 20 dias se tornam guardas (defendem a colméia contra inimigos) e de 21 dias em diante se tornam campeiras trazem néctar, pólen, água e própolis.

A rainha diferente dos outros vive em torno de 3 a 6 anos, caso não apareça outra rainha na colméia (PEREIRA et al., 2003), a rainha leva em torno de 15 a 16 dias para nascer, após o 5 dias de nascimento a rainha realiza um vôo pela colméia para reconhecimento, a partir de 9 dias de nascida possa realizar o seu vôo nupcial com os zangões (RAMOS et al., 2007), a rainha escolhe climas quente e ensolarados, sem ventos forte, para realizar o vôo nupcial (PEREIRA et al., 2003). A rainha só faz um vôo nupcial em sua vida, caso ocorra

algum problema com a rainha durante o vôo e ela morra, a colméia entra em colapso e é fada a extinção.

3.2 IMPORTÂNCIA DA ABELHA *Apis mellifera* PARA POLINIZAÇÃO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS.

Estima-se que mais de três quartos das plantas cultivadas globalmente dependem, em algum grau, da polinização por animais (resultando em valores entre \$235 e \$577 bilhões de dólares), sendo as abelhas responsáveis por aproximadamente 80% da polinização nesses ecossistemas (GIANNINI et al., 2015). Na tabela 2, é apresentada a dependência das culturas em relação à polinização do agente polinizador *A. mellifera*.

Tabela 2. Culturas e a essencialidade da *A. mellifera* para polinização.

| CULTURA AGRÍCOLA | DEPENDENCIA DEPOLINIZAÇÃO POR A ABELHAS <i>A. mellifera</i> |
|------------------|----------------------------------------------------------------|
| Abóbora | Essencial |
| Cajá | Essencial |
| Girassol | Grande |
| Goiaba | Grande |
| Melão | Essencial |
| Pepino | Grande |
| Tomate | Grande |

FONTE: A.B.E.L.H.A , 2016.

Esses polinizadores desempenham um papel fundamental, como no caso da alta atratividade das abelhas pelas flores da laranjeira em que sua polinização foi de grande importância, teve um aumento tanto na produção quanto na qualidade do produto (MALERBO-SOUZA et al., 2003). Segundo Freitas e Imperatriz-Fonseca (2005), no Brasil os serviços de polinização têm sido pouco valorizados e estudados. Não existem estudos compreensivos sobre o valor econômico da polinização nos sistemas agrícolas e/ou naturais. Apenas duas culturas de maior expressão econômica e que dependem do uso de polinizadores vem recorrendo a eles em larga escala no Brasil: a maçã (*Malus domestica* Bork) na Região Sul, especialmente Santa Catarina, e o melão (*Cucumis melo* L.) na Região Nordeste, particularmente nos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte.

A presença da *A. mellifera* na cultura do meloeiro é de grande importância, pois sem a sua presença na área não houve produção (ARAÚJO et al., 2004). Segundo esses autores,

aumento de até três toneladas na produtividade de melão foi observado em decorrência da polinização dessas abelhas, o que caracteriza de fato a importância da contribuição das abelhas à polinização, e conseqüentemente à produtividade desta cultura. Em relação à cultura da macieira, por esta apresentar flores auto incompatíveis (flores que seu pólen não consegue fecunda-la) sendo essencial mais de duas cultivares de macieira para ocorrer à polinização (ORTH et al., 2012), a polinização é realizada pela *A. mellifera*, cujos benefícios não são somente na produtividade mais também na qualidade dos frutos, já que macieira é uma cultura cujo os frutos não podem ocorrer deformações e nem alterações físicas, caso ocorra o produto perde a qualidade (SALOMÉ; ORTH, 2014).

Outras culturas de grande porte também são beneficiadas, como no caso da soja, laranjeiras e girassol. Na cultura de soja (*Glycine max L. merril*), a contribuição dos polinizadores para esta cultura foi relatada por pesquisas realizadas por CHIARI et al. (2005), os quais constataram que o tratamento com os polinizadores aumentaram a produção de sementes e o número de vagens em 50,64% e 61,38%, respectivamente, quando comparados ao tratamento sem a presença das abelhas melíferas. Para as Laranjeiras a polinização feita, tem-se um efeito positivo sobre o fruto, a produção e frutificação (GAMITO; MALERBO-SOUZA, 2006). A polinização por *A. mellifera* em cultura de girassol (*Helianthus annuus L.*) tem registrados aumentos de 206 a 226% no rendimento de sementes quando comparado com tratamentos sem a presença de abelhas (OZ et al., 2009).

3.3 CONTROLE QUÍMICO DE PRAGAS NA AGRICULTURA

A ocupação dos campos de cultivo por uma única espécie vegetal favorece o aparecimento de pragas e doenças, o que torna a agricultura moderna cada vez mais dependente do controle químico (COUTINHO et al., 2005). O uso de produtos fitossanitários 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). Os produtos fitossanitários podem ser classificados como inseticidas (controle de insetos), fungicidas (controle de fungos), herbicidas (controle de plantas invasoras), desfolhantes (controle de folhas indesejadas), fumigantes (controle de bactérias do solo), raticidas (controle de roedores/ ratos), nematicidas (controle de nematoides) e acaricidas (controle de ácaros) (RIBAS; MATSUMURA et al., 2009).

Segundo o site especializado em dados agropecuários do Brasil (AGROFIT, 2020) o estado do Mato Grosso, foi o que mais aplicou defensivos agrícolas em 2019, com 24%. Em seguida, o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, que somados chegaram a 12%, seguidos por Paraná (12%), São Paulo (11%), região do Matopiba (10%), Goiás/DF (9%), MG (8%) e Mato Grosso do Sul (8%). O site também destacou os principais inseticidas utilizados atualmente para o combate de pragas. Esses inseticidas são aplicados sistematicamente durante os cultivos, principalmente nas extensas áreas ocupadas com monocultivos, sendo alguns ingredientes ativos comumente utilizados em diversas culturas, como, por exemplo, os apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Inseticidas registrados mais usados pelos os agricultores no Brasil.

| INGREDIENTE ATIVO | GRUPO QUÍMICO | CLASSE AGRONOMICA |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| ABAMECTINA | Avermectinas | Nematicida, acaricida e inseticida. |
| ACEFATO | Organofosforado | Acaricida/ Inseticida |
| ACETAMIPRIDO | Neonicotinóide | Inseticida |
| BETA-CIFLUTRINA | Piretroide | Inseticida |
| CARBARIL | Metilcarbamato de naftila | Inseticida/ Regulador de Crescimento |
| CIPERMETRINA | Piretróide | Formicida/ Inseticida |
| CLORANTRANILIPROLE | Antranilamidas | Inseticida |
| CIANTRANILIPROLE | Antranilamidas | Inseticida |
| DELTAMETRINA | Piretróide | Formicida/ Inseticida |
| DIMETOATO | Organofosforado | Acaricida/ Inseticida |
| ESFENVALERATO | Piretróide | Inseticida |
| ESPINETORAM | Espinosinas | Inseticida |
| ESPINOSADE | Espinosinas | Inseticidas |
| FIPRONIL | Pirazol | Cupinícida/ Formicida/ Inseticida |

| | | |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| FLUFENOXUROM | Piretroide e Benzoilureia | Inseticida/ acaricida |
| IMIDACLOPRIDO | Neonicotinoide | Inseticida |
| LUFENUROM | Benzoiluréia | Inseticida |
| METOMIL | Metilcarbamato de oxima | Acaricida/ Inseticida |
| PERMETRINA | Piretroide | Formicida/ Inseticida |
| PIRIPROXIFEM | Éter Piridiloxipropílico | Inseticida |
| TEFLUBENZUROM | Benzoiluréia | Inseticida |

FONTE: AGROFIT, 2021.

Com o uso correto dos produtos químicos, os organismos alvos serão afetados e não irá causar danos às populações de inimigos naturais e polinizadores, mas sem esse manejo correto, irá ocorrer frequentemente o desaparecimento desses insetos benéficos (MELKSHAM et al. 1988).

3.4 TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE *Apis mellifera*

Os agrotóxicos cumprem o papel de proteger as culturas agrícolas das pragas, doenças e plantas daninhas. Entretanto, quando utilizados de maneira errada, podem causar sérios prejuízos às abelhas. Rocha e Alencar (2012) apontam que alguns comportamentos das abelhas podem fornecer indícios de que estão sendo afetadas por substâncias tóxicas, tais como: grande número de abelhas mortas nas proximidades das colônias, decréscimo na produção de progênie, diminuição nas atividades de forrageamento, irritabilidade excessiva, autolimpeza excessiva; incapacidade de substituição da rainha, mortalidade das larvas e má formação das larvas.

O uso de agrotóxicos nas lavouras é considerado o recurso tecnológico mais impactante para os agentes polinizadores (KEARNS; INOUE, 1997; DEVINE; FURLONG, 2007; FENT; CHRISTEN, 2017). Diante do grave problema, são necessários estudos visando avaliar a toxicidade de inseticidas sobre as abelhas, pois, de acordo com Freitas e Pinheiro (2010), a falta de informações a respeito dos efeitos dos pesticidas sobre os polinizadores da agricultura nacional constitui um dos principais obstáculos para os esforços em busca do uso sustentável de polinizadores nas áreas agrícolas.

Alguns autores aprofundaram estudos visando obter mais informações sobre esse problema como, Thomazoni et al. (2007), que avaliaram a toxicidade dos inseticidas Tiametoxam, Cartap, Bifentrin, Lufenuron e Flonicamida, que são muito utilizados na cultura do algodão, sobre *A. mellifera*. Após a avaliação os supracitados autores separaram por níveis a toxicidade de cada inseticida, sendo a aplicação do Bifentrin, Tiametoxam e Cartap considerada altamente tóxica, enquanto o Lufenuron e Flonicamida foram apenas ligeiramente tóxicos para abelhas adultas.

Chambó et al. (2010), avaliando a ação do uso do inseticida Imidacloprido + beta-ciflutrina em relação ao número de visitas de abelhas *A. mellifera* nas inflorescências do girassol, verificaram que o uso desse inseticida apresentou efeito negativo em decorrência do menor número de abelhas visitando a flor, fato ocorrido pela repelência dos inseticidas. Laurino et al. (2011) utilizaram as concentrações mais elevadas recomendadas dos seguintes neonicotinóides Tiametoxam, Clotianidina, Acetamipride e Tiaclopride, aplicação foi por via oral e contato indireto de cada inseticida, constatou que os inseticidas Tiametoxam e Clotianidina causaram 100% de mortalidade nas primeiras 24h.

Costa et al. (2014), estudaram a toxicidade de nove inseticidas: Abamectina, Acetamiprido, Cloridrato de Cartape, Clorfenapir, Ciromazina, Deltametrina, Tiametoxam, Flufenoxurom e Piriproxifem, em três modos diferentes de exposição (pulverização direta, contato com folhas e fornecimento de dieta contaminada), sobre a *A. mellifera*. Segundo os autores, independente do modo de exposição os inseticidas Tiametoxam, Abamectina e Clorfenapir foram extremamente tóxicos para *A. mellifera*. Araújo et al. (2017), avaliaram os inseticidas Neonicotinóides, Tiametoxam, Acetamiprido e Imidacloprido, e observaram que tanto por meio de pulverização direta quanto por ingestão de dieta contaminada todos os inseticidas foram tóxicos a *A. mellifera*. No Brasil, estudo recente relatou a perda de colônias em todas as regiões do país, sendo o uso de agrotóxicos uma das principais causas apontadas (CASTILHOS et al., 2019).

3.5 TOXICIDADE DE NEONICOTINÓIDES SOBRE *Apis mellifera*

O grupo químico Neonicotinóide agrupa inseticidas neurotóxicos desenvolvidos a partir da década de 80, sendo sistêmicos com persistência em longo prazo. Os inseticidas do referido grupo químico se ligam permanentemente aos receptores nicotínicos da acetilcolina, bloqueando-os e, conseqüentemente, impedindo a passagem dos impulsos nervosos

(TOMIZAWA; CASIDA, 2005). Os Neonicotinoides são aplicados via pulverização foliar, via água de irrigação no solo e no tratamento de sementes (THOMPSON, 2010; BLACQUIÈRE et al., 2012). Vários Neonicotinóides apresentam toxicidade muito forte para insetos polinizadores e, em particular, para as abelhas *A. mellifera*, causando também outros efeitos como distúrbios comportamentais, dificuldades de orientações e comprometimento das atividades sociais (GUEZ et al., 2001; BORTOLOTTI et al., 2003; MEDRZYCKI et al., 2003; DECOURTYE et al., 2004a; 2004b; DESNEUX et al., 2007; HASSANI et al., 2008; MAINI et al., 2010; COSTA et al., 2014). Os Neonicotinoides podem representar um problema sério para as abelhas, pois podem persistir no solo, rios e fluxos por meses ou anos, a contaminação pode ocorrer quando o inseticida entrar em contato com o corpo das plantas, incluindo néctar e pólen que são coletados por abelhas forrageiras (ABBO et al., 2017).

Dentre os Neonicotinóides mais utilizados no Brasil, se destacam o Imidacloprido, Tiametoxam e Clotianidina. O primeiro composto dessa categoria de inseticida a ser comercializado foi o ingrediente ativo Imidacloprido, introduzido na Europa e no Japão em 1990 pela Bayer CropScience[®], que juntamente com o Nitenpyram e o Acetamiprido representam a classe das Cloronicotinilas, também conhecidos como Neonicotinoides de primeira geração (NAUEN et al., 2001). Posteriormente outras gerações de Neonicotinóides foram produzidas, dando origem aos inseticidas Tiametoxam, Clotianidina, entre outros.

Tabela 4. Principais Neonicotinóides registrados no Brasil.

| INGREDIENTES ATIVOS | MODO DE APLICAÇÃO | MODO DE AÇÃO |
|----------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|
| ACETAMIPRIDO | ÁREA FOLIAR/ TERRESTRE | SISTÊMICO |
| CLOTIANIDINA | TRATAMENTO DE SEMENTES | SISTÊMICO |
| DINOTEFURAN | ÁREA FOLIAR/ TERRESTRE | SISTÊMICO, CONTATO E INGESTÃO. |
| IMIDACLOPRIDO | ÁREA FOLIAR/ TRATAMENTO DE SEMENTES | SISTÊMICO |
| TIAMETOXAM | ÁREA FOLIAR/ TERRESTRE | SISTÊMICO |
| THIACLOPRID | TERRESTRE | SISTÊMICO |

FONTE: MAPA, 2021.

Entre os Neonicotinóides, o Imidacloprido é o mais tóxico para os insetos do que para os mamíferos, porque a uma afinidade na ligação aos receptores de neurônios de insetos do que para receptores de neurônios de mamíferos (TOMIZAWA; CASIDA, 2005; ABBO et al., 2017). O imidacloprido tem sido o pesticida mais amplamente utilizado no mundo e fornece um controle altamente eficaz contra insetos mastigadores e sugadores (MOHAMED et al., 2009; ABBO et al., 2016).

Para as abelhas o Imidacloprido afeta o seu comportamento, causando efeitos adversos como na aprendizagem olfativa, memorial e visual (DECOURTYE et al., 2004; HAN et al., 2010; WILLIAMSON; WRIGHT, 2013) A exposição aos resíduos contaminados deste inseticida é através do pólen e néctar, a aplicação do Imidaclopride ocorre em sementes e nas áreas foliares das culturas. (BLACQUIÈRE et al., 2012). No Brasil, o Imidacloprido é registrado para uso em grande número de culturas, podendo ser utilizado em sementes de algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo. Também são aplicados em áreaa foliares no abacaxi, abóbora, abobrinha, melancia, alho, algodão, batata, cana-de-açúcar, cebola, feijão, melão, pimentão, pepino, uva e café (MAPA, 2020).

Alguns autores buscaram obter informações sobre os efeitos do Imidacloprido em *A. mellifera*. Nahare e Ohtani (2015) avaliaram a toxicidade oral do inseticida Imidacloprido em forrageiras de *A. mellifera*, na dose de 10 ng/abelhas, e constatou que, as abelhas forrageiras sofreram efeitos subletais a esse inseticida o qual causou diferentes anormalidades em abelhas forrageiras, como tremores, vômitos, náuseas, inquietação e falta de coordenação. Esses efeitos foram relatados por outros autores (SUCHAIL et al., 1999; WILLIAMSON et al., 2014).

Abbo et al. (2017), avaliaram a toxicidade oral do inseticida Imidacloprido em abelhas recém-emergidas, nas concentrações de 25 ppb (0,025 mg/L) e 50 ppb (0,05 mg/L), e constataram após a ingestão do inseticida, que o produto foi extremamente tóxico sobre *A. mellifera*, provocando além de mortalidade um atraso no comportamento de retorno e forrageamento das abelhas.

Sánchez-Bayo et al. (2017), avaliaram a toxicidade via oral do inseticida Imidacloprido na dose de 125 µg/L, e constataram que o produto foi extremamente tóxico sobre *A. mellifera*, causando mortalidade de até 45% ao final do período da avaliação. Observaram também que as abelhas mostraram resíduos corporais de Imidacloprido e locomoção prejudicada durante a exposição.

Em outros Neonicotinóides foram observados essa toxicidade em abelhas, o Tiametoxam, que se trata de um inseticida de segunda geração que apresenta classificação

toxicológica III (medianamente tóxico) e classe ambiental III (perigoso para o meio ambiente). O mecanismo de ação do Tiametoxam é por ligação nos receptores nicotínicos da acetilcolina (MAPA, 2021). Os produtos à base de Tiametoxam são utilizados em diversas culturas, como: abacaxi, abobrinha, alface, arroz, batata, berinjela, café, cana-de-açúcar, citros, feijão-vagem, fumo, maçã, mamão, melancia, melão, morango, pepino, pêssego, pimentão, repolho, tomate e uva (AGROFIT, 2021).

Oliveira et al. (2014), observaram a toxicidade do Tiametoxam em abelhas operárias recém-emergidas de *A. mellifera*, com a concentração letal 50 (CL₅₀) de Tiametoxam de 4,28 ng/μL. Após ao ensaio realizado observaram que o grupo de abelha exposta a CL₅₀ teve uma redução de 41,2% na vida útil, assim, a intoxicação com doses subletais de Tiametoxam pode causar prejuízo no cérebro e no intestino médio, contribuindo para a redução do tempo de vida das abelhas.

Tavares et al. (2015), avaliaram a toxicidade via exposição do inseticida Tiametoxam em larvas de *A. mellifera*, com concentração subletal 50 (CS₅₀) de Tiametoxam de 1,43 ng/μL. Após a exposição, os resultados obtidos mostraram que as concentrações subletais de Tiametoxam testadas são tóxicas para larvas de abelhas africanizadas e podem modular o desenvolvimento e, conseqüentemente, podem afetar a manutenção e sobrevivência da colônia.

Roat et al. (2020), avaliaram a toxicidade oral do inseticida Tiametoxam em forrageiras, com a concentração subletal 50 (CS₅₀) de Tiametoxam de 0,0227 ng/μL, e constataram que, após o ensaio realizado observaram que o grupo de abelha exposta a CL₅₀ ocasionou efeitos subletais as abelhas, no qual prejudicava os processos biológicos, causando danos ao sistema nervoso das abelhas e, em longo prazo, pode comprometer a nutrição e a fisiologia dos indivíduos da colônia, tornando-se extremamente tóxico a *A. mellifera*.

Segundo a EPA (Agência de proteção ambiental dos Estados Unidos, 2003), outro Neonicotinoide extremamente tóxico às abelhas é a Clotianidina. Por ser sistêmica, a Clotianidina se transloca pela planta e acaba contaminando o néctar e/ou pólen causando efeitos letais e subletais nas abelhas. Estudos internacionais relataram que esse Neonicotinóide interferiu no processo de orientação das abelhas (DECOURTYE; DEVILLERS, 2010). Os produtos a base de Clotianidina são bastante utilizados em café, milho, citros, repolho, tomate, algodão e soja (AGROFIT, 2021).

Brandt et al. (2016), avaliaram a toxicidade oral do inseticida Clotianidina, durante o período de 24 horas, nas doses de 50 a 200 μg/L, e constataram que o inseticida afeta a

imunocompetência individual das abelhas melíferas, possivelmente levando a um comprometimento da capacidade de resistência a doenças.

Souza et al. (2020), avaliando a exposição de abelhas adultas *A. mellifera* à grãos de pólen de plantas de sojas originadas de sementes tratadas com diferentes inseticidas, constataram que após 24 horas de avaliação, a maior probabilidade de mortalidade foi verificado em sementes tratadas com a Clotianidina em comparação aos outros inseticidas, a dose utilizada foi a recomendada para a cultura, , observando uma estimativa acima de 0,3 (30%) ao final das avaliações.

3.6 TOXICIDADE DE ORGANOFOSFORADOS SOBRE *Apis mellifera*

Os Organofosforados causam severos danos ao sistema nervoso dos indivíduos contaminados, inibindo irreversivelmente a ação da enzima acetilcolinesterase (COUTINHO et al., 2005). Quando aplicados de forma inadequada na lavoura, essas substâncias podem contaminar cursos de água, além de gerarem resíduos em produtos agrícolas (NERO et al. 2007). Os inseticidas Organofosforados compõem uma das classes mais importantes usadas no controle de pragas, juntamente com os carbamatos e piretróides, e respondem por cerca de 40% do mercado de agrotóxicos.

Os Organofosforados são utilizados no controle de pragas em diversas culturas de importância agrícola no Brasil como abobora abobrinha, alface, algodão, alho, batata, café, cebola, feijão, melancia, melão, pimenta, pimentão, soja, tomate (AGROLINKFITO, 2020). No Brasil, existe uma vasta quantidade de produtos Organofosforados registrados, na tabela 5 são apresentados os principais produtos desse grupo químico.

Tabela 5. Principais produtos Organofosforados registrados no Brasil.

| INGREDIENTES ATIVOS | MODO DE APLICAÇÃO | MODO DE AÇÃO |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| ACEFATO | TERRESTRE | SISTÊMICO, CONTATO E INGESTÃO |
| DIMETOATO | TERRESTRE | SISTÊMICO |
| MELATIONA | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |
| METIDATIONA | TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |

| | | |
|-------------------|---------------------|-----------------------|
| PROFENOFÓS | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |
| TRIAZOFÓS | TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |

FONTE: MAPA, 2021.

Estudos feitos avaliaram os efeitos do Organofosforado, Acefado, em abelhas *A. mellifera* é claramente de intoxicação, tendo sintomas de perda de coordenação motora, tremores e prostração (REGITANO; CARVALHO, 2001). Mesmo classificado como um inseticida altamente perigoso é usado para proteção de diversas culturas, sendo elas algodão, batata, citros, melão, pimentão, soja e tomate, e ainda é utilizado no tratamento de sementes de algodão e feijão destinadas ao plantio (AGROFIT, 2020).

Batista et al. (2009), avaliou a toxicidade do Acefato via contato em abelhas operárias, na dose de 7,5 µg do inseticida. Os autores verificaram, em todos os tratamentos, que após 24h de exposição, mais de 90% das abelhas contaminadas foram mortas, concluindo que o Acefato foi altamente tóxico.

Farooqi et al. (2020), avaliaram a toxicidade de contato do inseticida Acefato em abelhas operárias adultas recém-emergidas, na dosagem CL₅₀ de 83,96 ppm (0,0839 g/L), e constataram que após 24 horas, os inseticidas foram comprovadamente altamente tóxicos para trabalhadores adultos da *A. mellifera*.

Além do Acefato, outros Organofosforados possuem efeitos negativos em *A. mellifera* como no caso do Dimetoato, que causam efeitos negativos 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, sendo assim, causando problemas para o forrageamento (ATKINS; KELLUM, 1986; FREITAS; PINHEIRO, 2010).

Yang et al. (2019), avaliaram a CL₅₀ de toxicidade oral aguda do inseticida Dimetoato em abelhas operárias, após 24 horas de exposição, na dosagem de 1,0 mg/L, constataram que, o Dimetoato reduziu a sobrevivência e o consumo alimentar de *A. mellifera*.

Dai et al. (2019), avaliaram a toxicidade da exposição crônica do inseticida Dimetoato em larvas de *A. mellifera*, nas doses 0,02; 1; 6; 45 mg/L⁻¹, e constataram que, independente da dose utilizada, o produto foi pouco tóxico sobre *A. mellifera*, não afetou a sobrevivência, a taxa de desenvolvimento ou o peso das abelhas melíferas imaturas.

3.7 TOXICIDADE DE PIRETRÓIDES SOBRE *Apis mellifera*

Segundo Santos et al. (2007) mesmo os Piretróides sendo tão benéficos por conta do baixo impacto ambiental e bastante efetivo contra um grande numero de insetos, esse inseticida vem tendo um grande ponto negativo, pois é considerado muito tóxico para abelhas, devido principalmente a erros durante aplicação do produto. Os Piretróides desempenham a melhor ação de repelência entre as classes de inseticidas existentes no mercado. Os efeitos tóxicos causados pelo Piretróide é a redução na capacidade de forrageamento tendo efeitos sub-letais além do efeito de repelência (RIETH; LEVIN, 1988; FREITAS; PINHEIROS, 2010).

Trata-se de uma classe importante de inseticidas neurotóxicos (MATSUDA, 2012), amplamente utilizados no Brasil, tanto em grandes culturas - soja, milho, algodão - como naquelas que dependem essencialmente do serviço de polinização das abelhas, tais como tomate (*Solanum lycopersicum*), melão (*C. melo*), maçã (*M. domestica*), café (*Coffea arabica*), dentre outras (FREITAS; PINHEIRO, 2010). Além de ser extremamente toxico ele age por ingestão e contato (AGROFIT, 2020). Na tabela 6, demonstra os principais produtos registrados no Brasil pelo MAPA.

Tabela 6. Principais Piretróides registrados no Brasil

| INGREDIENTES ATIVOS | MODO DE APLICAÇÃO | MODO DE AÇÃO |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| ACRINATRINA | TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |
| BETA-CIFLUTRINA | ÁREA / TERRESTRE | SISTÊMICO |
| CIPERMETRINA | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |
| DELTAMETRINA | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |
| PERMETRINA | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO, INGESTÃO E NÃO SISTÊMICO |
| ZETA-CIPERMETRINA | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |

FONTE: MAPA, 2021.

A Cipermetrina e a Deltametrina, além de causarem mortalidade em *A. mellifera*, compromete a atividade de forrageamento, diminuem a fecundidade da rainha, alteram a coordenação motora, causam tremores musculares e comprometem a aprendizagem

(DECOURTYE et al., 2004; FREITAS; PINHEIRO, 2010; DAI et al., 2010). Carvalho et al. (2009), constatou que a Deltametrina tem o efeito subletal “knockdown”, ou seja, os insetos ficam no fundo das gaiolas com movimentos desordenados e trêmulos.

A Deltametrina é aplicada nas partes aéreas das culturas, sendo elas abacaxi, algodão, alho, ameixa, amendoim, arroz, batata, berinjela, brócolis, café, caju, cebola, citros, couve, couve-flor, crisântemo, eucalipto, feijão, feijão-vagem, figo, fumo, gladiolo, maçã, melancia, melão, milho, pastagem, pepino, pêssego, pimentão, repolho, soja, sorgo, tomate e trigo (AGROFIT, 2020).

Carvalho et al. (2009), avaliou a toxicidade via pulverização do inseticida Deltametrina, em concentrações (CL_{50}) de 50mL/100L de H₂O, dosagem recomendada no rótulo do produto para cultura específica, constatou que o inseticida tem efeito subletal nas abelhas, os insetos ficam com movimentos desordenados e trêmulos. O mesmo autor observou a toxicidade via ingestão do produto contaminado com Deltametrina, constatou que, a mortalidade registrada foi de 67% em 72 horas de avaliação.

Dai et al. (2010), avaliaram a toxicidade via ingestão do inseticida Deltametrina, na dosagem de 62,8 mg/L em um período de três anos, constataram que, a Deltametrina reduziu significativamente a fecundidade das abelhas, diminuíram a taxa de desenvolvimento das abelhas até a idade adulta e aumentaram seus períodos de imaturidade.

Yang et al. (2020), avaliaram a toxicidade por exposição do inseticida Deltametrina, na dosagem de 0,2 mg/L⁻¹, e constataram que, que o produto foi altamente tóxico sobre *A. mellifera*, em comparação ao outro piretróide Cipermetrina, a Deltametrina se saiu mais tóxica para as abelhas.

Efeitos negativos para a *A. mellifera* também foram estudados em outro Piretróide, a Cipermetrina, é um produto sintético, usado como inseticida de amplo espectro na aplicação agrícola em grande escala, mas também em produtos de consumo, em uso residencial ou contra parasitas em animais domésticos. É um dos piretróides mais frequentemente encontrados no ambiente, como resíduo em organismos (TANG et al., 2018; FENT et al., 2020). Como outros piretróides, a Cipermetrina é neurotóxicos e exhibe seus efeitos principalmente pelo prolongamento da fase aberta dos canais sódio em axônios de neurônios (NAUMANN, 1990; FENT et al., 2020). Aplicada na área foliar das culturas do algodão, amendoim, arroz, batata, café, cebola, ervilha, feijão, feijão-vagem, fumo, melancia, milho, pepino, repolho, soja e tomate (AGROFIT, 2020).

Ratnakar et al. (2017), avaliaram a toxicidade por exposição do inseticida Cipermetrina, na dosagem de 0,4 ml/L, e constatou que o produto foi extremamente tóxico

sobre *A. mellifera*, ocasionando 100% de mortalidade ao final do período de 48 horas de avaliação.

Os Autores (CHAUZAT et al., 2007; SANCHEZ-BAYO et al., 2017) comprovaram que a DL₅₀ da Cipermetrina em Abelhas adultas de *A. mellifera* é 0,06 µg/abelha. Segundo o autor Yang et al (2019), avaliou a toxicidade da Cipermetrina em larvas, e constatou que, a dosagem da DL₅₀ para as larvas é de 0,13 µg/larva, comprovando que a toxicidade aguda da Cipermetrina é maior para as adultas do que para larvas.

Mazi et al. (2020), observaram que o produto Cipermetrina, nas doses 2,2 ng/µl e 51,52 ng / µl, após 24 horas, o produto foi extremamente tóxico sobre *A. mellifera* via pulverização direta, ocasionando mortalidade, 31,65% e 38,3%, respectivamente.

3.8 TOXICIDADE DE CARBAMATOS SOBRE *Apis mellifera*

Os agrotóxicos da classe dos carbamatos são ésteres do ácido carbâmico. A ação tóxica dessa classe de inseticidas está associada à inibição da acetilcolinesterase de maneira reversível (GUILOSKI et al., 2010). Estes produtos atendem uma vasta gama de culturas como, abobora, abobrinha, batata, cebola, mamão, melancia, pimenta, pimentão, quiabo, repolho e tomate. (AGROLINK, 2021). No Brasil há certa exigência dos carbamatos para as grandes culturas, na tabela 7, são os principais ingredientes ativos deste grupo químico.

Tabela 7. Principais Carbamatos registrados no Brasil

| INGREDIENTES ATIVOS | MODO DE APLICAÇÃO | MODO DE AÇÃO |
|----------------------------|--------------------------|---------------------|
| BENFURACARB | TERRESTRE | SISTÊMICO |
| CARBARIL | TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |
| FIPRONIL | TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |
| MALATIONA | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |
| METOMIL | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO E SISTÊMICO |
| PROPANIL | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO E SELETIVO |

FONTE: MAPA, 2021.

Entre os principais compostos Carbamatos encontra-se o agrotóxico Carbaril (1-naftil metilcarbamato), inseticida de largo espectro, usado para controlar mais de 100 espécies em culturas (como citros, nozes e tomate), gramados e florestas, sendo também usado como moluscicida e acaricida (GARBELLINI; ULIANA, 2007).

Yang et al. (2019), avaliaram a toxicidade aguda do inseticida Carbaril em larvas de *A. mellifera*, o valor para a CL_{50} foi de 44,24 mg/L, e constataram que, o produto foi tóxico sobre *A. mellifera*, ocasionando 15% de mortalidade ao final do período de avaliação.

Lee et al. (2016), avaliaram a toxicidade oral do inseticida Carbaril em abelhas operárias, na CL_{50} 5,167 ppm (0,005167 g/L) e constataram que, as abelhas são sensíveis ao Carbaril, tornando-o tóxico para as *A. mellifera*. Ainda assim as pesquisas desse grupo químico são poucas, mesmo provocando grande perigo, não tem um aprofundamento no assunto.

3.9 TOXICIDADE DE PIRAZÓIS SOBRE *Apis mellifera*

Os pirazóis causam danos severos em organismos alvos e não alvos, como no caso dos agentes polinizadores, por exemplo, a *A. mellifera* (GUNASEKARAN et al., 2007). Este grupo químico, afeta diretamente do sistema nervoso ao sistema de aprendizagem e memória das abelhas, podendo mudar as estruturas cerebrais com paralisia da perna, asas e aparelho digestivo (CARRILLO et al., 2013). Os Pirazóis ainda são muito utilizados em cultivos de batata, cana-de-açúcar, milho, algodão, arroz, eucalipto, soja, cevada, feijão, pastagens e trigo (MAPA, 2021). Na tabela 8, estão os ingredientes ativos registrados no Brasil.

Tabela 8. Principais Ingredientes Ativos registrados no Brasil.

| INGREDIENTES ATIVOS | MODO DE APLICAÇÃO | MODO DE AÇÃO |
|----------------------|-------------------|--------------------|
| FENPIROXIMATO | TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |
| FIPRONIL | TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |
| PYROXASULFONE | TERRESTRE | CONTATO E INGESTÃO |
| TOLFENPYRAD | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO |

FONTE: MAPA, 2021.

O Fipronil é um inseticida que pertence à classe dos Pirazóis, os quais são compostos heterocíclicos aromáticos (NETTO et al., 2008). No Brasil, o Fipronil ainda é muito utilizado em culturas de batata, cana-de-açúcar, milho, algodão, arroz, eucalipto, soja, cevada, feijão, pastagens e trigo (AGROFIT, 2021).

Zaluski et al. (2015), avaliaram a toxicidade do inseticida Fipronil, em diferentes formas de exposição e observaram que as DL_{50} por ingestão foi 0,2 µg/abelha e por contato foi 0,009 µg/abelha, constatando que o Fipronil foi mais tóxico quando administrado por contato do que por ingestão. Além disso, esses autores verificaram ainda que o produto ocasionou, em doses letais ou subletais, alteração de atividades motoras, como agitação, espasmos, tremores e paralisia nas abelhas.

Lunardi et al. (2017), avaliaram a toxicidade do inseticida Fipronil, em diferentes formas de exposição e doses sobre *A. mellifera*, e constataram DL_{50} por ingestão de $0,0528 \pm 0,0090$ µg/abelha e por contato de $0,0054 \pm 0,0041$ µg/abelha, concluindo que este ingrediente ativo foi mais tóxico quando administrado por contato do que por ingestão, causando morte e mudanças comportamentais após exposição por ingestão ou contato.

3. 10 TOXICIDADE DE ESPINOSINAS SOBRE *Apis mellifera*

As Espinosinas também são neurotóxicos, como os Organofosforados, podendo se tornar um inseticida alternativo para o uso (GALLO et al., 2002; URBANEJA et al., 2009). As Espinosinas são um agente de controle de insetos derivado da fermentação da bactéria Actinomiceto, *Saccharopolyspora spinosa*, e apresentam um novo mecanismo de atividade em receptores nicotínicos de acetilcolina, que são identificados como a principal causa de morte (MILES et al., 2012). A ação de Espinosinas em receptores nicotínicos é única em comparação com outros inseticidas (SALGADO et al., 1998; MILES et al., 2012). Utilizados em Abobora, abobrinha, acerola, alho, caju, cebola, citros, figo, goiaba, maçã, melancia, melão, morango, pimenta, pimentão, tomate, uva, é um dos grupos químicos mais usados recentemente (AGROFIT, 2020). Dentre as Espinosinas, os principais ingredientes ativos são os Espinosade e Espinetoram, apresentados na tabela 9.

Tabela 9. Inseticidas registrados do grupo químico Espinosade no Brasil.

| INGREDIENTES ATIVOS | MODO DE APLICAÇÃO | MODO DE AÇÃO |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| ESPINOSADE | ÁREA / TERRESTRE | NÃO SISTÊMICO |
| ESPINETORAM | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO, INGESTÃO |

FONTE: MAPA, 2021.

O Espinosade é um bioinseticida que consiste em uma mistura de Espinosinas obtidas a partir do actinomiceto *S. spinosa*. Este bioinseticida atua sobre a acetilcolina nicotínica receptores no sistema nervoso de insetos. Esse produto foi recentemente introduzido no Brasil, inicialmente foi reconhecido por não afetas os organismos não alvos, com isso teve um aumento no uso, mas ao longo do tempo foram relatados inúmeros problemas com esse produto, de imediato não se tem efeito contra as abelhas, mais ao longo do tempo que usa, esse produto causa efeitos acumulativos de toxicidade para os organismos não alvos, incluindo as abelhas (ISMAN et al., 2006; BIONDI et al., 2012; VILLAVERDE et al., 2014; GIANNINI et al., 2015).

Rabea et al. (2010), avaliaram a toxicidade oral do Espinosade, na CL_{50} de 7,34 mg/L, e constataram que, o produto foi extremamente tóxico sobre *A. mellifera*, avaliando que em reação ao inseticida, as abelhas diminuíram significativamente as atividades específicas da ATPase na cabeça.

Lopes et al. (2018), avaliaram a toxicidade oral do inseticida Espinosade, na dose recomendada para campo de 0,816 mg / mL para operárias de *A. mellifera*, e constataram que, o produto foi extremamente tóxico sobre a abelha, ocasionando 100% de mortalidade ao final do período de avaliação. Ainda de acordo com os referidos autores, após a ingestão do inseticida as abelhas tiveram desorganização do intestino médio e epitélio do túbulo de Malpighi das operárias forrageiras.

3. 11 TOXICIDADE DE ANTRANILAMIDAS SOBRE *Apis mellifera*

As Antranilamidas por agir por ingestão ligam-se aos receptores de rianodina dos insetos, afetando diretamente a função muscular (CORDOVA et al., 2006). Como são inseticidas relativamente novos, esses produtos têm poucos estudos. Este grupo químico possui como principais ingredientes ativos o Clorantraniliprole e o Ciantraniliprole, que são inseticidas de contato e ingestão, sendo registrados para diversas culturas, entre elas

aboboram, abobrinha, agrião, alface, algodão, alho, batata, café, cebola, feijão, melancia, melão, pepino, pimenta, pimentão, soja e tomate (AGROFIT, 2020). Segundo o Mapa, apenas dois ingredientes ativos do grupo químico Antranilamidas foram registrados no Brasil (tabela 10).

Tabela 10. Ingredientes ativos registrados no Brasil.

| INGREDIENTES ATIVOS | MODO DE APLICAÇÃO | MODO DE AÇÃO |
|---------------------|------------------------|-------------------------------|
| CIANTRANILIPROLE | ÁREA / TERRESTRE | CONTATO, INGESTÃO, SISTÊMICO. |
| CLORANTRANILIPROLE | TRATAMENTO DE SEMENTES | INGESTÃO, SISTÊMICO |

FONTE: MAPA, 2021.

Após a ingestão, o Clorantraniliprole ativa o receptor de rianodina do inseto (RyR) localizado no retículo sarcoplasmático dos músculos. Essa ligação causa uma liberação descontrolada e depleção dos estoques internos de cálcio, levando à interrupção da alimentação e ao comportamento letárgico, com disfunção muscular e paralisia, e finalmente a morte do inseto (CORDOVA et al. 2006; SATTELLE et al. 2008). É importante ressaltar ainda que Clorantraniliprole tem sido relatado ocasionando baixa mortalidade sobre operárias adultas de *A. mellifera*, porém há registros de que afeta a capacidade de voo e causa alteração em genes que regulam o sistema imunológico da abelha (FENT; CHRISTEN, 2017; GOMES et al., 2020). Fatos que podem comprometer toda uma colônia.

Dinter et al. (2010), observaram que o produto Clorantraniliprole (nas doses de 0,027 µg/abelha via oral e 0,005 µg/abelha via contato, e constataram que, independente da dose utilizada, o produto foi de baixa toxicidade para abelhas e zangões *A. mellifera*.

Ratnakar et al. (2017), avaliaram a toxicidade por exposição do inseticida Clorantraniliprole, na dose de 0,15 ml/L, e constataram que, ao longo de 24 horas de exposição pelo método filme seco, o produto foi pouco tóxico sobre *A. mellifera*, ocasionando 14,46% de mortalidade ao final do período de avaliação.

Outro Ingrediente ativo dos diamidas antranílicas é o Ciantraniliprole, é um novo inseticida de risco reduzido para as abelhas, atualmente há poucos estudos sobre esse produto. É um inseticida sistêmico do grupo químico Antranilamidas (IRAC - grupo 28) atuando por ingestão e contato. É seletivo para as culturas da alface, algodão, batata, café, cebola, alho,

feijão, melancia, melão, pepino, pimentão, repolho, soja, tomate, pimenta, quiabo, abobrinha, abóbora (MAPA, 2021).

Dinter et al. (2015) avaliaram a toxicidade de inseticidas Ciantraniliprole, em diferentes formas de exposição, na LD₅₀ 0,39 µg/abelha via oral e 0,63 µg/abelhas via contato, e constataram que, não causou aumento mortalidade das abelhas, logo o inseticida apresentou baixos riscos as abelhas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do levantamento de informações realizado, constata-se que determinados inseticidas, especialmente Neonicotinóides, Piretróides, Organofosforatos, Carbamatos, Espinosinas e Pirazóis, são extremamente nocivos a *A. mellifera*.

As Antranilamidas, especialmente representados pelos inseticidas Clorantraniliprole e Ciantraniliprole, tem apresentado baixa letalidade sobre a referida abelha, porém existem registros de efeitos subletais que podem comprometer as atividades normais de *A. mellifera*.

Portanto, é imprescindível a realização de mais pesquisas visando avaliar a toxicidade de inseticidas, principalmente de grupos químicos com poucos trabalhos, para o aprimoramento do manejo e conservação de polinizadores em áreas agrícolas.

5. REFERENCIAS

A.B.E.L.H.A. **Associação Brasileira de Estudos das Abelhas**. Disponível em: <<https://abelha.org.br/abelhas-polinizadoras-importantes-para-a-agricultura-brasileira>> Acesso em: 23 de abril de 2021.

ABBO, P. M.; KAWASAK, J. K.; HAMILTON, M.; COOK, S. C.; DEGRANDI-HOFFMAN, G.; LI, F.W.; LIU, J.; CHEN, Y. P. Effects of Imidacloprid and *Varroa destructor* on survival and health of European honeybees, *Apis mellifera*. **Insectscience**, v. 24, n. 3, p. 467-477, 2017.

AGROLINKFITO, **O Portal do Conteúdo Agropecuário**. Disponível em:<<https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito>> Acesso em: 14 de mar. 2021.

AIZEN, M. A.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAM, S. A.; KLEIN, A. M. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. **Annals of Botany**, n. 103, p. 1579–1588, 2009.

ARAÚJO, M. T. S.; DE SOUSA, A. H.; DE VASCONCELOS, W. E.; DE FREITAS, R. D. S.; SILVA, A. M. A.; PEREIRA, D. S.; BORGES, P. M. Avaliação da polinização e estudo

comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 1, p. 0, 2004.

ARAÚJO, W. L.; GODOY, M. S.; MARACAJÁ, P. B.; COELHO, W. A. C.; SILVA, B. K. A.; RUGAMA, A. J. M.; ARAÚJO, E. L.; BATISTA, J. L. Toxicity of neonicotinoids used in melon culture towards *Apis mellifera* L. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 14, p. 1204-1208, 2017.

ATKINS, E. L.; KELLUM, D. Comparative studies of morphogenesis and toxicity on the effect of pesticides on the litter of bees. **Journal of Apicultural**, v. 25 n. 4, p. 242-255, 1986.

BAPTISTA, P. M. A.; CARVALHO, A. G.; CARVALHO, M. S.; CARVALHO, F. C.; SÍLVIO, S. B. F. J. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados em citros para *Apis mellifera*. **Revista Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 955-961, 2009.

BARBOSA, D. B.; CRUPINSKI, E. F.; SILVEIRA, R. N.; LIMBERGER, D. C. H. As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 3, n. 4, p. 694-703, 2017.

BARNETT, E. A.; CHARLTON, A. J.; FLETCHER, M. R. Incidents of bee poisoning with pesticides in the United Kingdom, 1994–2003. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 63, n. 11, p. 1051-1057, 2007.

BIONDI, A.; MOMMAERTS, V.; SMAGGHE, G.; VINUELA, E.; ZAPPALA, L.; DESNEUX, N. The non-target impact of spinosyn on beneficial arthropods. **Pest Management Science**, v. 68, n. 12, p. 1523-1536, 2012.

BLACQUIERE, T.; SMAGGHE, G.; VAN GESTEL, C. A.; MOMMAERTS, V. Neonicotinoids in bees: A Review on Concentrations, Side Effects and Risk Assessment. **Ecotoxicology**, v. 21, n. 4, p. 973-992, 2012.

BORTOLOTTI, L.; MONTANARI, R.; MARCELINO, J.; MEDRZYCKI, P.; MAINI, S.; PORRINI, C. Effects of sub-lethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of honey bees. **Bulletin of Insectology**, v. 56, n. 1, 63–67, 2003.

BRANDT, A.; GORENFLO, A.; SIEDE, R.; MEIXNER, M.; BÜCHLER, R. The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immune competence of honeybees (*Apis mellifera* L.). **Journal of Insect Physiology**, v. 86, p. 40-47, 2016.

CARRILLO, M. P.; BOVI, T. D. S.; NEGRÃO, A. F.; ORSI, R. D. O. Influence of agrochemicals fipronil and imidacloprid on the learning behavior of *Apis mellifera* L. honeybees. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 35, n. 4, p. 431-434, 2013.

CARVALHO, S. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; BUENO FILHO, J. S. S.; BAPTISTA, A. P. M. Toxicidade de acaricidas / inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada *Apis mellifera* L., 1758, (Hymenoptera: Apidae). **Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia**, v. 76, n. 4, p. 597-606, 2009.

CASTILHOS, D.; BERGAMO, G. C.; GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES, L. S. Colony losses in Brazil: a 5-year online survey. **Apidologie**, v. 50, n. 263, p. 263–272, 2019.

CHAM, K. O.; NOCELLI, R. C. F.; BORGES, L.; VIANA-SILVA, F. E. C.; TONELLI, C. A. M.; MALASPINA, O.; MENEZES, C.; ROSA-FONTANA, A. S.; BLOCHTEIN, B.; FREITAS, B. M.; PIRES, C. S. S.; OLIVEIRA, F. F.; CONTRERA, F. A. L.; TOREZANI, K. R. S.; RIBEIRO, M. F.; SIQUEIRA, M. A.; ROCHA M. C. L. S. A. Pesticide exposure assessment paradigm for stingless bees. **Environmental entomology**, v. 48, n. 1, p. 36-48, 2019.

CHAMBÓ, E. D.; GARCIA, R. C.; OLIVEIRA, N. T. E. D.; DUARTE-JÚNIOR, J. B. Aplicação de inseticida e seus impactos sobre a visitação de abelhas (*Apis mellifera* L.) no girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 1, p. 37-42, 2010.

CHAUZAT, M.; HIGES, M.; MARTÍN-HERNÁNDEZ, R.; MEANA, A.; COUGOULE, N.; FAUCON, J. Presence of *Nosema ceranae* in French honey bee colonies. **Journal of Apicultural Research**, v. 46, n. 2, p. 127, 2007.

CHIARI, W. C.; TOLEDO, V. D. A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C. Pollination of soybean (*Glycine max* L. Merril) by honey bees (*Apis mellifera* L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.48, n. 1, p. 31-36, 2005.

CORDOVA, D.; BENNER, E. A.; SACHER, M. D.; RAUH, J. J.; SOPA, J. S.; LAHM, G. P.; SELBY, T. B.; STEVENSON, T. M.; FLEXNER, L.; GUTTERIDGE, S.; RHOADES, D. F.; WU, L.; SMITH, R. M.; TAO, Y. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 84, n. 3, p. 196-214, 2006.

COSTA, E. M.; ARAUJO, E. L.; MAIA, A. V.; SILVA, F. E.; BEZERRA, C. E.; SILVA, J. G. Toxicity of insecticides used in Brazilian melon crop to the honey bee *Apis mellifera* under laboratory conditions. **Apidologie**, v. 45, n. 1, p. 34-44, Jan. 2014.

COUTINHO, C. F. B.; TANIMOTO, C. F. B.; GALLI, A.; TAKAYAMA, M.; AMARAL, R. B.; MAZO, L. H.; AVACA, L. A.; MACHADO, S. A. S. Pesticidas: mecanismos de ação, degradação e toxidez. **Revista Toxicologia Meio Ambiente**, v. 15, p. 65-72, 2005.

DAI, P.; JACK, C. J.; MORTENSEN, A. N.; BUSTAMANTE, T. A.; BLOOMQUIST, J. R.; ELLIS, J. D. Chronic toxicity of clothianidin, imidacloprid, chlorpyrifos, and dimethoate to *Apis mellifera* L. larvae reared in vitro. **Pest management science**, v. 75, n. 1, p. 29-36, 2019.

DAI, P.; WANG, Q.; SUN, J. Effects of sublethal concentrations of bifenthrin and deltamethrin on fecundity, growth, and development on the honeybee *Apis mellifera* L. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 29, n. 3, p. 644-649, 2010.

DECOURTYE, A.; ARMENGAUD, C.; RENOU, M.; DEVILLERS, J.; CLUZEAU, S.; GAUTHIER, M.; PHAM-DELÈGUE, M. H. Imidacloprid impairs memory and brain metabolism in the honeybee (*Apis mellifera* L.). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 78, n. 2, p. 83-92, 2004.

DECOURTYE, A.; DEVILLERS, J. Ecotoxicity of neonicotinoid insecticides to bees, In: THANY, S.H. Insect nicotinic acetylcholine receptors. New York, **SpringerVerlag**, v. 8, p. 85-95, 2010.

DECOURTYE, A.; DEVILLERS, J.; CLUZEAU, S.; CHARRETON, M.; PHAM-DELÈGUE, M. H. Effects of imidacloprid and deltamethrin on associative learning in honeybees under semi-field and laboratory conditions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 57, n. 3, p. 410-419, 2004.

DECOURTYE, A.; DEVILLERS, J.; GENECQUE, E.; LE MENACH, K.; BUDZINSKI, H.; CLUZEAU, S.; PHAM-DELEGUE, M. H. Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybees *Apis mellifera*. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 48, n. 2, p. 242-250, 2005.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review Entomology**, v. 52, p. 81-106, 2007.

DEVINE, G. J.; FURLONG, M. J. Insecticide use: Contexts and ecological consequences. **Agriculture and Human values**, v. 24, n. 3, p. 281-306, 2007.

DINTER, A.; BRUGGER, K. E.; FROST, N. M.; WOODWARD, M. D. Chlorantraniliprole (Rynaxypyr): A novel DuPont™ insecticide with low toxicity and low risk for honey bees (*Apis mellifera*) and bumble bees (*Bombus terrestris*) providing excellent tools for uses in integrated pest management. **Julius-Kühn-Archive**, n. 423, p. 84-96, 2010.

DINTER, A.; SAMEL, A. Cyantraniliprole: pollinator profile of the novel insecticides under laboratory, semi-field and field conditions. **Julius-Kühn-Archive**, n. 450, p. 28-49, 2015.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), **Pesticide fact sheet: clothianidin, conditional registration**, Washington, 2003, 19p, Disponível em: <http://www.epa.gov/opp0001/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC_044309_30-May-03.pdf>. Acesso em: 12 nov de 2020.

FAROOQI, M. A.; IRSA, B.; ALI, S.; SAJJAD, A.; MUHAMMAD, W. H.; AKHTAR, S. Impact of selected insecticides on *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) under controlled conditions. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 52, n. 1, p. 193, 2020.

FENT, K.; CHRISTEN, V. Exposure of honeybees (*Apis mellifera*) to different classes of insecticides exhibit distinct molecular effect patterns at concentrations that mimic environmental contamination. **Environmental Pollution**, v. 226, p. 48-59, 2017.

FENT, K.; SCHMID, M.; CHRISTEN, V. Global transcriptome analysis reveals relevant effects at environmental concentrations of cypermethrin in honeybees (*Apis mellifera*). **Environmental Pollution**, v. 259, p. 113715, 2020.

FLETCHER, M.; BARNETT, L. Bee pesticide poisoning incidents in the United Kingdom. **Bulletin of Insectology**, v. 56, p. 141-145, 2003.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA POLINIZAÇÃO. **Rivistadi Filosofia**, n. 80, p. 44-46, 2005.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; MEDINA, L. M.; KLEINERT, A. D. M. P.; GALETTO, L.; NATES-PARRA, G.; QUEZADA-EUÁN, J. J. G. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, n. 3, p.332-346, 2009.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v.14, n.1, p. 282-298, 2010.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. **CEP**, v. 60021, p. 970, 2010.

GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. São Paulo: FEALQ/Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, p. 920, 2002.

GAMITO, L. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. Visitantes florais e produção de frutos em cultura de laranja(*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Acta Scientiarum Zootechny**, v. 28, p. 483-488, 2006.

GARBELLINI, G. S.; ULIANA, C. V. Toxicity, degradation in the environment and electroanalytical methods for detecting the carbaryl pesticide. **Pesticides: Journal of Ecotoxicology and Environment**, v. 17, 2007.

GIANNINI, T. C.; BOFF, S.; CORDEIRO, G. D.; CARTOLANO, E. A.; VEIGA, A. K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v. 46, n. 2, p. 209-223, 2015.

GOMES, I. N.; VIEIRA, K. I. C.; GONTIJO, L. M.; RESENDE, H. C. Honeybee survival and flight capacity are compromised by insecticides used for controlling melon pests in Brazil. **Ecotoxicology**, v. 29, n. 1, p. 97-107, 2020.

GUEZ, D.; SUCHAIL, S.; GAUTHIER, M.; MALESZKA, R.; BELZUNCES, L. P. Contrasting effects of imidacloprid on habituation in 7-and 8-day-old honeybees (*Apis mellifera*). **Neurobiology of learning and memory**, v. 76, n. 2, p. 183-191, 2001.

GUILOSKI, I. C.; DA SILVA, E. G.; NISHIKAWA, C. M.; ASSIS, H. C. D. S. Atividade da colinesterase em cérebro e músculo de *Corydoras paleatus* (Pisces, Teleostei) expostos ao carbaril. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 4, p. 461-468, 2010.

GUNASEKARA, A. S.; TRUONG, T.; GOH, K. S.; SPURLOCK, F.; TJEERDEMA, R. S. Environmental fate and toxicology of fipronil. **Journal of Pesticides**, v. 32, n. 3, p. 189-199, 2007.

HAN, P.; NIU, C. Y.; LEI, C. L.; CUI, J. J.; DESNEUX, N. Use of an innovative T-tube maze assay and the proboscis extension response assay to assess sublethal effects of GM products and pesticides on learning capacity of the honey bee *Apis mellifera* L. **Ecotoxicology**, v. 19, n. 8, p. 1612-1619, 2010.

HASSANI, A. K.; DACHER, M.; GARY, V.; LAMBIN, M.; GAUTHIER, M.; ARMENGAUD, C. Effects of sublethal doses of acetamiprid and thiamethoxam on the behavior of the honeybee (*Apis mellifera*). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 54, n. 4, p. 653-661, 2008.

HEARD, M. S.; BAAS, J.; DOURNE, L.; LAHIVE, E.; ROBINSON, A. G.; RORTAIS, A.; SPURGEON, D. J.; SVENDSEN, C.; HESKETH, H. Comparative toxicity of pesticides and environmental contaminants in bees: are honey bees a useful proxy for wild bee species? **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 357-365, 2017.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

ITAGIBA, M. G. R.; **Noções Básicas sobre a criação de Abelhas**. Livraria Nobel S.A, São Paulo, 1997.

KASPEREK, K.; PALEOLOG, J.; OLSZEWSKI, K.; BORSUK, G.; STRACHECKA, A. Comparison of the defensive behavior of *Apis mellifera* L. workers and the aggression of their queen sisters. **Medycyna Weterynaryjna**, v. 68, n. 10, p. 589-593, 2012.

KEARNS, C. A.; INOUYE, D. W. Pollinators, flowering plants and conservation biology. **Bioscience**, n. 47, p. 297-307, 1997.

LAURINO, D.; PORPORATO, M.; PATETTA, A.; MANINO, A. Toxicity of Neonicotinoid Insecticides to Honey Bees: Laboratory Tests. **Bulletin of Insectology**, v. 64, n. 8, p. 107-113, 2011.

LEE, C.; JEONG, S.; JUNG, C.; BURGETT, M. Acute oral toxicity of neonicotinoid insecticides to four species of honey bee, *Apis florea*, *A. cerana*, *A. mellifera*, and *A. dorsata*. **Journal of Apiculture**, v. 31, n. 1, p. 51-58, 2016.

LEONHARDT, S. D.; GALLAI, N.; GARIBALDI, L. A.; KUHLMANN, M.; KLEIN, A. M. Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. **Basic and Applied Ecology**, v. 14, n. 6, p. 461-471, 2013.

LOPES, M. P.; FERNANDES, K. M.; TOMÉ, H. V. V.; GONÇALVES, W. G.; MIRANDA, F. R.; SERRÃO, J. E.; MARTINS, G. F. Spinosad-mediated effects on the walking ability, midgut, and Malpighian tubules of Africanized honey bee workers. **Pest management science**, v. 74, n. 6, p. 1311-1318, 2018.

LUNARDI, J. S.; ZALUSKI, R.; ORSI, R. O. Evaluation of motor changes and toxicity of insecticides fipronil and imidacloprid in Africanized honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, p. 50-56, 2017.

MAINI, S.; MEDRZYCKI, P.; PORRINI, C. The puzzle of honey bee losses: a brief review. **Bulletin of Insectology**, v. 63, n. 1, p. 153-160, 2010.

MALASPINA, O.; SOUZA, T. F.; ZACARIN, E. C. M. S.; CRUZ, A. S.; JESUS, D. Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil. **VIII Encontro Sobre Abelhas**. Currículos. Ribeirão Preto: FUNPEC, p. 41-48, 2008.

MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio). **Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, n. 4, p. 237-242, 2003.

MAPA, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br>> Acesso em: 15 de mar. 2021.

MATSUDA, K. Pyrethrin biosynthesis and its regulation in *Cinerariaefolium chrysanthemum*. **Springer**, n. 314, p. 73-81, 2012.

MAZI, S.; VROUMSIA, T.; YAHANGAR, M. N.; MALLA, M.; ZROUMBA, D. Determination of acute lethal doses of acetamiprid and cypermethrin for the native bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in Cameroon. **Open Journal of Ecology**, v. 10, n. 07, p. 404, 2020.

MEDRZYCKI, P.; MONTANARI, R.; BORTOLOTTI, L.; SABATINI, A. G.; MAINI, S.; PORRINI, C. Effects of Imidacloprid Administered in Sub-Lethal Doses on Honey Bee Behaviour. Laboratory Tests. **Bulletin of Insectology**, v. 56, n. 1, p. 59-62, 2003.

MELKSHAM, K. J.; JACOBSEN, N.; RHODES, J. Compounds which affect the behaviour of the honey bee, *Apis mellifera* L. **A review bee world**, v. 69, n. 3, p. 104-124, 1988.

MILES, M. J.; ALIX, A.; BOURGOUIN, C.; SCHMITZER, S. Effects of spinosad on honey bees (*Apis mellifera*): Findings from over ten years of testing and commercial use. **Julius-Kühn-Archive**, n. 437, p. 107, 2012.

MOHAMED, F.; GAWARAMMAMA, I.; ROBERTSON, T. A.; ROBERTS, M. S.; PALANGASIGHE, C.; ZAWAHIR, S.; JAYAMANNE, S.; KANDASAMY, J.; EDDLESTON, M.; BUCKLEY N. A.; DAWSON A. H.; ROBERTS, D. M. Acute human self-poisoning with imidacloprid compound: a neonicotinoid insecticide. **PloS one**, v. 4, n. 4, p. 5127, 2009.

NAHAR, N.; OHTANI, T. Imidacloprid and Fipronil induced abnormal behavior and disturbed homing of forager honeybees *Apis mellifera*. **Entomology and Zoology Studies**, v. 3, p. 65-72, 2015.

NAUEN, R.; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; ELBERT, A.; JESCHKE, P.; TIETJEN, K. Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides. In: Ishaaya, I. Biochemical sites in Insecticide action and Resistance. **Springer**, p. 77-105, 2001.

NAUMANN, K. Synthetic pyrethroid insecticides. **Springer**, v. 5, n. 1, p. 241, 1990.

NERO, L. A.; MATTOS, M. R. D.; BELOTI, V.; BARROS, M. A. F.; NETTO, D. P.; FRANCO, B. D. G. D. M. Organophosphates and carbamates in milk produced in four milk producing regions from Brazil: Occurrence and activity against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella spp.* **Science Food Technology**, v. 27, n. 1, p. 201-204, 2007

NETTO, A.V.G.; FREM, R.C.G.; MAURO, A. E. The supramolecular chemistry of pyrazolic complexes. **New Chemistry**, v. 31, n. 5, p. 1208-1217, 2008.

NOCELLI, R. C.; ROAT, T. C.; ZACARIN, E. C. S.; MALASPINA, O. Riscos de pesticidas sobre as abelhas. **Semana dos Polinizadores**, v. 3, 2012.

OLIVEIRA, R. A.; ROAT, T. C.; CARVALHO, S. M.; MALASPINA, O. Side effects of thiametoxam on the brain and intestine of the Africanized bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Environmental toxicology**, v. 29, n. 10, p. 1122-1133, 2014.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

ORTH, A. I.; SEZERINO, A. A.; SALOMÉ, J. A. Manejo da polinização e o problema da diminuição da população de abelhas domésticas. **Agropecuária Catarinense**, v. 25, p. 47-52, 2012.

OZ, M.; KARASU, A.; CAKMAK, I.; GOKSOY, A. T.; TURAN, Z. M. Effects of honey bee (*Apis mellifera*) pollination on seed set in hybrid sunflower (*Helianthus annuus L.*). **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 6, p. 1037-1043, 2009.

PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; CAMARGO, R. C. R.; VILELA, S. L. O. **Sistema de Produção de Mel**. Embrapa Meio-Norte, 2003.

RABEA, E. I.; NASR, H. M.; BADAWY, M. E. I. Toxic effect and biochemical study of chlorfluazuron, oxymatrine, and spinosad on honey bees (*Apis mellifera*). **Archives of environmental contamination and toxicology**, v. 58, n. 3, p. 722-732, 2010.

RAMOS, J. M.; CARVALHO, N.C. Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. **Revista científica eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 6, n. 10, p. 1-21, 2007.

RATNAKAR, V.; KOTESWARA, R. S. R.; SRIDEVI, D.; VIDYASAGAR, B. Sublethal lethal exposure of certain newer insecticides molecules to honeybee, *Apis mellifera Linnaeus*. **Indian Journal of Pure & Applied Biosciences**, v. 5, n. 4, p. 641-646, 2017.

RHODES, J.; SCOTT, M. Pesticides: a guide to their effects on honey bees. **NSW Department of Primary Industries: Primefacts**, v. 149, n. 4, 2006.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149-158, 2009.

RIETH, J.P.; LEVIN, M.D. Repellency of two phenyl-acetate-ester pyrethroids to the honeybee. **Journal of Apicultural Research**, v. 28, n. 3, p. 175-179, 1989.

RIGITANO, R. L. O.; CARVALHO, G. A. **Toxicologia e seletividade de inseticidas**. Lavras: UFLA/FAEPE, p. 72, 2001.

ROAT, T. C.; SANTOS-PINTO, J. R. A.; MIOTELO, L.; DE SOUZA, C. L.; PALMA, M. S.; MALASPINA, O. Using a toxic-proteomic approach to investigate the effects of thiamethoxam on the brain of *Apis mellifera*. **Chemosphere**, v. 258, p. 127362, 2020.

ROBERTO, G. B. P.; MONTAGNANA, P. C.; BROCANELLI, F. G.; GRISOLIA, B. B.; FANG, Z. X.; MATSUDA, D. C.; CAMPOS, M. J. O. As abelhas polinizadoras nas propriedades rurais. Rio de Janeiro: **Funbio**. 2015.

ROCHA, M. C. L. S. A.; ALENCAR, S. Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento. **Brasília: Ibama**. p. 88, 2012.

SÁ, F. A. S.; SOUSA P. H. A. A. Defensividade de abelhas *Apis mellifera* L. africanizadas. **Revista Científica De Medicina Veterinária**, n. 32, 2019.

SALGADO, V. L. Studies on the mode of action of spinosad: symptoms and physiological correlates. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 60, n. 1, p. 91–102, 1998.

SALOMÉ, J. A.; ORTH, A. I. Polinização em pomares de macieiras: Nova metodologia para o aumento da frutificação com o manejo correto de colmeias. **Agropecuária Catarinense**, Suplemento especial, v. 27, n. 2, 2014.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; BELZUNCES, L.; BONMATIN, J. M. Lethal and sublethal effects and incomplete elimination of imidacloprid ingested in bees (*Apis mellifera*). **Ecotoxicology**, v. 26, n. 9, p. 1199-1206, 2017.

SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretróides – Uma visão geral. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2007.

SATTELLE D. B.; CORDOVA D. E.; CHEEK T. R. Insect ryanodine receptors: molecular targets for the best control chemicals. **Invertebr Neurosci**, n. 8, p. 107–119, 2008.

SILVA, A. F.; PEREIRA, D. S.; DA SILVA PAIVA, C.; DE SOUZA, R. M.; MARACAJÁ, P. B. Comportamento defensivo de abelhas africanizadas na fazenda experimental-UFERSA, Mossoró-RN, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 7, n. 5, p. 63-72, 2012.

SILVA, I. P.; MELO, M. M.; BLANCO, B. S. Efeitos tóxicos dos praguicidas para abelhas. **Revista brasileira de higiene e sanidade animal**, v. 10, n. 1, p. 142-157, 2016.

SILVA, I. P.; OLIVEIRA, F. A. S.; PEDROZA, H. P.; GADELHA, I. C. N.; MELO, M. M.; SOTO-BLANCO, B. Exposure to pesticides from bees (*Apis mellifera*) that pollinate the culture of the melon. **Apidologie**, v. 46, n. 6, p. 703-715, 2015.

SOUZA, E. P.; DEGRANDE, P. E.; GUAZINA, R. A.; ALVES JUNIOR, V. V. Exposure of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) to pollen grains of soybean plants (*Glycine max* L.) originated from treated seeds. **Archives of the Biological Institute**, v. 87, 2020.

SUCHAIL, S.; GUEZ, D.; BELZUNCES, L. P. Toxicity of imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. In: Proceedings of the 7th International Symposium “Hazards of pesticides to bees”. Avignon, France. **Les Colloques de l’INRA200**, n. 98, p. 121-126, 1999.

TANG, W.; WANG, D.; WANG, J.; WU, Z.; LI, L.; HUANG, M.; XU, S.; YAN, D. Pyrethroid of pesticides in the global environment: an overview. **Chemosphere**, n. 191, p. 990–1007, 2018.

TAVARES, D. A.; ROAT, T. C.; CARVALHO, S. M.; SILVA-ZACARIN, E. C. M.; MALASPINA, O. In vitro effects of thiametoxam on larvae of Africanized bees *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Chemosphere**, v. 135, p. 370-378, 2015.

THOMAZONI, D.; FORTUNATO, R. P.; KODAMA, C.; CARBONARI, V.; ALVES, V. V.; FONSECA, P. R. B.; SORIA, M. F.; DEGRANDE, P. E. **Seletividade de inseticidas sobre adultos de *Apis mellifera* L. 1758**, (Hymenoptera: Apidae). In CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO. v. 6, 2007.

THOMPSON, H. M. Risk Assessment for Honey Bees and Pesticides – Recent Developments and ‘News Issues’. **Pest Management Science**, v. 66, n. 11, p. 1157-1162, 2010.

TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Neonicotinoid insecticide toxicology mechanisms of selective action. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology**, Palo Alto, v. 45, p. 247-268, Feb. 2005.

URBANEJA, A.; MONTÓN, H.; MOLLA, O. Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. **Journal of Applied Entomology**, v. 133, n. 4, p. 292-296, 2009.

VILLAVERDE, J. J.; SEVILLA-MORÁN, B.; SANDÍN-ESPAÑA, P.; LÓPEZ-GOTI, C.; ALONSO-PRADOS, J. L. Biopesticides in the framework of the European Pesticide Regulation (EC). **Pest Management Science**, n. 70, p. 2–5, 2014.

WILLIAMSON, S. M.; WILLIS, S. J.; WRIGHT, G. A. Exposure to neonicotinoids influence the motor function of adult worker honey bees. **Ecotoxicology**, n. 23, p. 1409-1418, 2014.

WILLIAMSON, S. M.; WRIGHT, G. A. Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. **Journal Experimental Biology**, n. 216, p. 1799–1807, 2013.

YANG, Y.; MA, S.; LIU, F.; WANG, Q.; WANG, X.; HOU, C.; WU, Y.; GAO, J.; ZHANG, L.; LIU, Y.; DIAO, Q.; DAI, P. Acute and chronic toxicity of acetamiprid, carbaryl, cypermethrin and deltamethrin to *Apis mellifera* larvae reared in vitro. **Pest management science**, v. 76, n. 3, p. 978-985, 2020.

YANG, Y.; MA, S.; YAN, Z.; LIU, F.; DIAO, Q.; DAI, P. Effects of three common pesticides on survival, food consumption and midgut bacterial communities of adult workers *Apis cerana* and *Apis mellifera*. **Environmental Pollution**, v. 249, p. 860-867, 2019.

ZALUSKI, R.; KADRI, S. M.; ALONSO, D. P.; RIBOLLA, M. P. E.; ORSI, O. R. Fipronil promotes motor and behavioral changes in honey bees (*Apis mellifera*) and affects the

development of colonies exposed to sublethal doses. **Environmental toxicology and chemistry**, v. 34, n. 5, p. 1062-1069, 2015.