



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

TOXICIDADE DE ESPIROMESIFENO SOBRE *Apis mellifera*
(Hymenoptera: Apidae)

CAIO GABRIEL DE OLIVEIRA

POMBAL - PB

2021

CAIO GABRIEL DE OLIVEIRA

**TOXICIDADE DE ESPIROMESIFENO SOBRE *Apis mellifera*
(Hymenoptera: Apidae)**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

ORIENTADOR: PROF. D. Sc. EWERTON MARINHO DA COSTA

POMBAL – PB

2021

O48t

Oliveira, Caio Gabriel de.

Toxicidade de espiromesifeno sobre *Apis mellifera* (Hymenoptera: apidae). / Caio Gabriel de Oliveira. - Pombal, 2021.

30 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.

"Orientação: Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa."

Referências.

1. Abelhas. 2. *Apis mellifera*. 3. Hymenoptera. 4. Polinização. 5. Inseticida - espiromesifeno. 6. Espiromesifeno - toxicidade. I. Costa, Ewerton Marinho da. II. Título.

CDU 638.1(043)

CAIO GABRIEL DE OLIVEIRA

TOXICIDADE DE ESPIROMESIFENO SOBRE *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)

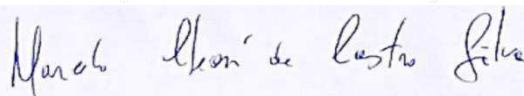
Trabalho de Conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Apresentada em: 24/05/2021

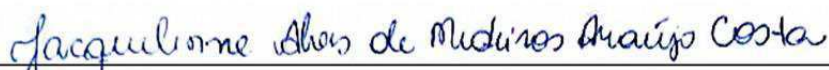
BANCA EXAMINADORA



Orientador – Prof. D. Sc. Ewerton Marinho da Costa
(UAGRA/CCTA/UFCG)



Membro – Prof. D. Sc. Marcelo Cleón de Castro Silva
(UAGRA/CCTA/UFCG)



Membro – D. Sc. Jacqueline Alves de Medeiros Araújo Costa

POMBAL – PB

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pois, sem Ele não sou nada, Ele é o bom pastor que deixaria as noventa e nove ovelhas por mim.

Aos meus pais Francisca de Oliveira e Sinval de Oliveira, que são o exemplo vivo do amor de Deus na minha vida, eles que sonharam e foram minha força diária.

À toda minha família, pelo incentivo que de forma essencial.

À minha namorada Marilisa Martins, pelo seu amor e carinho, que me faz ser uma pessoa melhor todos os dias.

Ao meu Orientador Professor Dr. Ewerton Marinho Da Costa, pelo o apoio, a atenção que me permitiram concluir com êxito esta monografia.

Aos meus amigos Miquéias Formiga, Marco Antônio de Oliveira, Gabriel de Sá, Ismar Dantas, Rodrigo Gurgel, Hemile Machado e Jailson Batista pelos bons momentos passado juntos, pela força e ajuda que tornava mais fácil os dias em Pombal, agradeço ao Grupo de estudos em entomologia (GEENTO), por toda contribuição para o meu crescimento profissional.

Ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, berço da minha formação profissional. Este é o encerramento de um importante e longa etapa, e como todos os encerramentos, deixará saudades, mas também traz a expectativa pelo novo que se inicia.

Obrigado!

RESUMO

A abelha *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) é fundamental para polinização e, conseqüentemente, promove melhorias na qualidade e quantidade de frutos em diversas culturas de importância agrícola. Contudo, nos últimos anos, houve inúmeros casos de desaparecimento de abelhas em áreas agrícolas no mundo, sendo uma das causas apontadas o uso abusivo de produtos fitossanitários. O objetivo do trabalho é avaliar a toxicidade do inseticida/acaricida espiromesifeno sobre operárias adultas *A. mellifera* por meio da ingestão de dieta contaminada e contato das abelhas com resíduos do produto. O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia pertencente ao CCTA/UFCG, Campus Pombal-PB. O inseticida/acaricida avaliado foi o Espiromesifeno, nas doses 0,048; 0,096; 0,144 g i.a. L⁻¹; Tiametoxam como testemunha positiva na dose 0,30 g i.a. L⁻¹ e água destilada como testemunha absoluta. Para o modo de exposição oral, Espiromesifeno, nas doses 0,048, 0,096 e 0,144 g i.a. L⁻¹, ocasionou uma taxa de mortalidade de 22,7%, 68,3% e 69,6%, respectivamente. Já em relação ao contato das abelhas com resíduos do inseticida/acaricida Espiromesifeno, foi verificada a mortalidade de 24,7%, 25,7% e 25,9% para as doses 0,048, 0,096 e 0,144 g i.a. L⁻¹, respectivamente, sendo menos letal que a testemunha positiva, o inseticida Tiametoxam que teve mortalidade de 100%. O inseticida/acaricida Espiromesifeno, quando fornecido via dieta contaminada, apresentou-se altamente tóxico sobre as operárias adultas de abelhas *A. mellifera* nas doses acima de 0,048 g i.a. L⁻¹. Considerado ainda pouco tóxico quando exposto via residual às abelhas, devido à baixa taxa média de mortalidade (25%).

Palavras-chave: Abelha, Polinizador, Espiromesifeno, Mortalidade.

ABSTRACT

The honey bee *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) is essential for pollination and, consequently, promotes improvements in the quality and quantity of fruits in several crops of agricultural importance. However, in recent years, there have been numerous cases of bees disappearing in agricultural areas in the world, one of the causes being pointed out is the abusive use of phytosanitary products. The aim of this study was evaluate the toxicity of the insecticide/acaricide Spiromesifen on adult workers *A. mellifera* through ingestion of contaminated diet and contact of bees with residues of the product. The work was carried out at the Entomology Laboratory belonging to CCTA / UFCG, Campus Pombal-PB. The insecticide/acaricide evaluated was Spiromesifen, in doses 0.048; 0.096; 0.144 g a.i. L-1; Thiamethoxam as a positive control at a dose of 0.30 g a.i. L-1 and distilled water as an absolute control. For the oral exposure mode, Spiromesifen, at doses of 0.048, 0.096 and 0.144 g a.i. L-1, caused a mortality rate of 22.7%, 68.3% and 69.6%, respectively. Regarding the contact of the bees with residues of the insecticide/acaricide Spiromesifen, mortality of 24.7%, 25.7% and 25.9% was verified for the doses 0.048, 0.096 and 0.144 g ia L-1, respectively, being less lethal than the positive control, the insecticide Tiametoxam, which had 100% mortality. The insecticide / acaricide Spiromesifen, when supplied via contaminated diet, was highly toxic to adult workers of *A. mellifera* bees at doses above 0.048 g a.i. L-1. The residuals of Spiromesifen considered low toxic for honey bees, due to the low average mortality rate (25%).

Palavras-chave: Bee, Pollinator, Spiromesifen Mortality.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE TABELA	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Abelhas <i>Apis mellifera</i> : histórico, castas e produtos.....	2
2.2. Importância da <i>Apis mellifera</i> para polinização.....	4
2.3. Controle químico de insetos na agricultura.....	5
2.3.1. Modo de ação da Espiromesifeno.....	6
2.4. Toxicidade de inseticidas sobre <i>Apis mellifera</i>	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1. Toxicidade Oral de Espiromesifeno sobre <i>A. mellifera</i>	10
3.2. Toxicidade residual de Espiromesifeno sobre <i>A. mellifera</i>	10
3.3. Análise dos dados.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
5. CONCLUSÕES	15
6. REFERÊNCIAS	15

LISTA DE TABELA

Tabela		Pág.
1.	Tratamentos usados no bioensaio de oral e residual. Pombal, 2021.....	10
2.	Mortalidade (%) de abelhas africanizadas <i>Apis mellifera</i> expostas à ingestão de dieta contaminada e resíduos de inseticidas, Pombal – PB, 2021.....	12

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico		Pág
1.	Porcentagem de distúrbios motores de abelhas africanizadas <i>Apis mellifera</i> após ingestão de dieta contaminada com Espiromesifeno após 24 horas de exposição, Pombal-PB,2021.	14
2.	Porcentagem de distúrbios motores de abelhas africanizadas <i>Apis mellifera</i> após contato residual com Espiromesifeno após 24 horas de exposição. Pombal-PB,2021.	15

1. INTRODUÇÃO

Os polinizadores desempenham um papel crucial na produção de alimentos e conservação da biodiversidade vegetal (MORITZ et al., 2010). Dentre os polinizadores presentes em áreas agrícolas, destaca-se a abelha *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae), pois é imprescindível para a obtenção de frutos em diversas culturas de importância agrícola no mundo, como por exemplo, meloeiro (*Cucumis melo* L.), melancia (*Citrullus Lanatus* (Thunb.) Matsum. & Naka), goiabeira (*Psidium guajava* L.), morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.), cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e mangueira (*Mangifera indica* L.) (BERNAL et al., 2010; POTTS et al., 2010; WANG et al., 2019; WOLOWSKI et al, 2019).

Nos últimos anos, diversas pesquisas mostraram a redução nas populações de polinizadores em áreas agrícolas de todo o mundo, sendo as altas taxas de mortalidade nos agroecossistemas associada, em parte, ao uso abusivo de produtos fitossanitários, especialmente os inseticidas (FLETCHER; BARNETT 2003; FREITAS et al., 2009; LEONHARDT et al., 2013; ROSA et al., 2019; WANG et al., 2019). As abelhas podem ser expostas a diferentes substâncias aplicadas nas lavouras no momento do forrageamento. Esta exposição pode acarretar, conseqüentemente, em danos que afetam diretamente o funcionamento da colônia (MALASPINA et al., 2008).

Este assunto tem gerado preocupações das autoridades e pesquisadores do mundo inteiro, principalmente porque a perda destes polinizadores ocasionaria prejuízos inestimáveis para a agricultura mundial. A falta ou a escassez dos polinizadores, como exemplo, as abelhas, nas áreas de cultivo, podem causar problemas como baixa produtividade, falta de padronização dos frutos (quanto ao aspecto, sabor, coloração, uniformidade de tamanho e formato) e ainda pode tornar necessária a polinização manual, prática que pode elevar o custo total de produção sem garantir a mesma eficiência (VIEIRA et al., 2010; COBRA et al., 2015;).

Portanto, é imprescindível a busca por informações que subsidiem o manejo de pragas com ênfase na preservação de agentes benéficos aos cultivos. Nesse cenário, estudos relacionados à toxicidade de produtos fitossanitários sobre abelhas são realizados em todo o mundo, visando subsidiar o manejo sustentável destes polinizadores em áreas agrícolas. Em relação aos efeitos do inseticida espiromesifeno, Ratnakar et al. (2017) testaram sua toxicidade residual em *A. mellifera*, ao utilizar metade da dose recomendada, verificaram

mortalidade de 44,41% depois de 48 horas de contato. Stoner et al. (2019) rastrearam os resíduos de pesticidas no pólen capturado das abelhas e constatou que para ter uma dose letal mediana (DL 50) de espiromesifeno 790 (μg / abelha). Serra et al. (2021) avaliaram os efeitos do referido inseticida sobre *A. mellifera* e concluíram que além da mortalidade direta que o pesticida causa, as abelhas expostas ao produto apresentaram alterações histológicas e citológicas no intestino médio, incluindo desorganização da arquitetura epitelial, liberação de fragmentos celulares para o lúmen, acúmulo de mitocôndrias no citoplasma apical, alteração do labirinto basal, alterações no retículo endoplasmático rugoso e celular degeneração.

Apesar das contribuições supracitadas, ainda são escassas informações sobre a toxicidade do inseticida espiromesifeno, nas doses recomendadas para o manejo de pragas no Brasil e em diferentes modos de exposição, sobre *A. mellifera*. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a toxicidade do inseticida espiromesifeno sobre operárias adultas *A. mellifera* por meio da ingestão de dieta contaminada e contato das abelhas com resíduos do produto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Abelhas *Apis mellifera*: histórico, castas e produtos.

As abelhas *A. mellifera* pertencem ao filo Arthropoda, Ordem Hymenoptera e família Apidae. Elas vivem em uma sociedade onde indivíduos da mesma espécie cooperam entre si, com divisão do trabalho, sendo que entre elas ocorrem comunicação e interação através de feromônios, danças e sons. Na colônia, todas as abelhas passam pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto, sendo então classificadas como holometábolos (GALLO et al., 2002).

As abelhas da espécie *A. mellifera* são divididas em três castas: 1) Zangões, que são machos originados de ovos que não foram fertilizados, que são responsáveis pela fecundação da rainha (NOCELLI, 2003). 2) Operárias, que são originadas de óvulos fertilizados, constituem o restante da colônia, na qual realizam manutenção diária, entre estas, alimentação da colônia, limpeza, coletas de alimentos e defesa. Suas funções são divididas conforme sua idade fisiológica. Do 1° ao 3° dia de vida fazem a limpeza. Do 4° ao 12° dia alimentam as larvas, produzem geleia real e alimentam a rainha, providenciam a criação de novas rainhas, caso seja necessário. Do 13° ao 18° dia produzem cera e constroem os favos. Do 19° ao 20°

dia ficam defendendo seu território contra qualquer invasão. Do 21º dia em diante colhem resinas, pólen, néctar e água, os quais são recursos de manutenção dos enxames e tornam-se produtos importantes para a produção apícola (WINSTON, 2003; BARBOSA, 2015). 3) Rainha, que é originada de óvulos fertilizados, existe apenas uma dentro da colônia e a mesma é responsável pela produção de ovos (NOCELLI, 2003).

A interação entre seres humanos e abelhas da espécie *A. mellifera* é muito antiga. Gravuras em cavernas datadas de 7.000 anos A.C., mostram o homem coletando mel de ninhos silvestres, de modo extrativista, sem qualquer cuidado com a fragilidade dos ninhos, causando injúrias e afetando a longevidade dos enxames (CRANE, 1999).

No Brasil, a introdução das abelhas *A. mellifera* ocorreu no século XIX juntamente com a imigração européia (WIESE, 2005). Desde então, a apicultura nacional tem apresentado crescente desenvolvimento, favorecido pela extensão da área brasileira, floradas diversificadas e clima propício que possibilitam elevada produção e manejo durante todo o ano (COUTO; COUTO, 2002).

Porém, foi com a introdução da subespécie *A. mellifera scutellata*, em 1956, que a apicultura nacional obteve significativo avanço tecnológico e produtivo. Em 1957, 26 enxames, com suas respectivas rainhas africanas, escaparam e acasalaram, naturalmente, com as abelhas europeias, gerando populações poli-híbridas, denominadas abelhas africanizadas. Essas abelhas dispersaram-se por toda América do Sul (com exceção do Chile) e América Central, chegando ao México em 1986 e ao sul da Califórnia em 1994 (MELLO et al., 2003).

A produção apícola tem como destaque a produção do mel, porém pode ser obtido por meio da apicultura o pólen, a própolis, a geleia real, a cera e a apitoxina, assim podendo favorecer ao produtor uma melhor rentabilidade, de acordo com a sua capacidade técnica (SILVA, 2010)

Além de fornecer todos os produtos citados, as abelhas ainda contribuem ao meio ambiente com seus serviços de polinização. Por possuírem hábito generalista, ou seja, visitam uma ampla variedade de flores, as abelhas *A. mellifera* polinizam as mais variadas culturas, sendo considerada a principal espécie polinizadora de culturas agrícolas no mundo, sendo capaz de proporcionar um aumento de 30% a 40% na produção dos pomares, 35% da soja, 45% do café e 80% do girassol (LIMA, 2005; BARBOSA; SOUSA, 2013).

2.2. Importância da *Apis mellifera* para polinização

Ao forragear as plantas, em busca de alimento, as abelhas operárias promovem a reprodução cruzada dos vegetais, aumentando o vigor das espécies, realizando novas combinações de fatores hereditários e melhorando a produção de frutos e sementes (COUTO; COUTO, 2002). A polinização é o processo fundamental para a manutenção da maioria das espécies vegetais. Nesse sentido, a existência de polinizadores é essencial para o sucesso da reprodução das plantas em qualquer ecossistema, incluindo os agrícolas (CHAMBÓ et al., 2010). Aproximadamente 75% das espécies vegetais existentes são dependentes de agentes polinizadores; no entanto, as abelhas são consideradas os principais polinizadores, sendo responsáveis por realizar a reprodução cruzada de 73% de todas as espécies vegetais cultivadas no mundo (RICKETTS et al., 2008; WOLOWSKI et al., 2019).

Através da apicultura migratória, grande número de colméias pode ser conduzido para as culturas de interesse econômico por exemplos as cucurbitáceas, onde melhoram consideravelmente a produção dos frutos (SOUZA et al., 2007). A natureza e a extensão dessas vantagens podem variar entre as culturas, os benefícios vão desde aumento em quantidade e qualidade de frutos e/ou sementes, como também da diversidade genética entre vegetais (BREEZE et al., 2011).

Embora algumas culturas sejam predominantemente independentes da polinização promovida por insetos, como a colza (*Brassica napus* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.), outras, no entanto, são dependentes de polinizadores para sua frutificação, como por exemplo, a maçã (*Mallus comunis*) e o melão (*C. melo*), portanto, na ausência de polinizadores essas culturas tornam-se improdutivas (POTTS et al., 2010; BREEZE et al., 2011).

Em dados globais, desde 1961, as áreas ocupadas com culturas dependentes da polinização por abelhas aumentaram em 300%, enquanto o número mundial de colmeias aumentou 45%, no mesmo período. Esses dados indicam que a demanda mundial por polinização tem aumentado além da oferta de polinizadores, indicando que a escassez destes pode limitar a produção agrícola no futuro, trazendo sérios prejuízos econômicos e ainda causar declínio paralelo de muitas espécies vegetais (AIZEN; HARDER, 2009).

Embora tenha sido confirmado um aumento global no número de colmeias de abelhas *A. mellifera*, em termos regionais, observa-se a diminuição desses polinizadores. Em determinadas regiões esse desaparecimento das abelhas é bem documentado. Na Europa, de 1985 a 2005, observou-se a perda de 25% das colônias de *A. mellifera*, sendo que na Espanha,

dados decorrentes da última década apontam perdas de 80%. Nos Estados Unidos os dados apontam severas perdas; entre 1947 a 2005, o número de colônias decresceu 59% (BERNAL et al., 2010; POTTS et al., 2010).

Muitos fatores podem ser associados ao declínio das abelhas *A. mellifera*, um único fator não pode ser responsável por todas as perdas observadas (PEREIRA, 2010). Dentre eles, podem-se destacar as queimadas e desmatamento de áreas com vegetação nativa para implantação e/ou expansão de cidades ou áreas agrícolas, intensificando a agricultura e levando a perda do habitat das abelhas, além do uso inadequado de práticas de cultivo, como a utilização abusiva de agrotóxicos, principalmente nas áreas de monoculturas, sendo este último o fator mais impactante para os polinizadores. A implementação desse método de cultivo elimina consideravelmente muitas espécies de plantas nativas, as quais fornecem néctar, pólen, locais de descanso, nidificação e reprodução aos insetos (FREITAS et al., 2009). Normalmente, as monoculturas florescem por um curto período de tempo, reduzindo a disponibilidade de alimento e promovendo queda no número e diversidade de polinizadores (LARSEN et al., 2005).

2.3. Controle químico de insetos na agricultura

Os agrotóxicos são encontrados hoje em diversas partes do planeta, em locais onde não foram diretamente aplicados, como também em águas superficiais, subterrâneas, pluviais (VIGUI; FUNARI, 1995), na atmosfera (LAABS et al., 2002). Esses acontecimentos decorrem devido ao transporte do agrotóxico pelo vento durante a aplicação. No entanto, a falta de vento também pode ser prejudicial pelo fato das gotas muito finas ficarem presas no ar devido a estabilidade atmosférica, dispersando-se até vários quilômetros do local da aplicação, maioria das vezes sendo removida da atmosfera pela ação da chuva (SPADOTTO, 2006).

O Brasil é um dos maiores produtores agropecuários do mundo e o segundo país que mais exporta esses produtos, desempenhando um importante papel na economia local. Para manter tal produção, este setor utiliza intensivamente sementes transgênicas e insumos químicos, como fertilizantes e agrotóxicos. A necessidade do alto uso de produtos químicos, devido ao aumento de pragas nas lavouras, a facilidade de créditos agrícolas subsidiados e isenção de tributos fiscais, junto a isso a fragilidades da vigilância estatal sobre o seu uso e a ausência de políticas que reduzam o uso de agrotóxicos e incentivem a produção

agroecológica, são fatores que contribuíram para o aumento no consumo de agrotóxicos. (PIGNATI et al., 2017)

De modo geral, os inseticidas (aproximadamente 90%) são neurotóxicos, ou seja, danificam o sistema nervoso central, especificamente na transmissão dos impulsos nervosos pelas células nervosas (PEREIRA, 2010). A condução do impulso nervoso ao longo das células nervosas é dependente da concentração dos íons Na^+ , K^+ e Cl^- ; entretanto, para os estímulos nervosos serem propagados de uma célula para outra (sinapses) é necessária a ação de neurotransmissores. A acetilcolina e o ácido gama-aminobutírico (GABA) são os principais neurotransmissores dos insetos (DOWSON, 1977).

O uso desses inseticidas no campo se deve a sua rápida ação no combate às pragas, por atuarem em locais ultra-sensíveis, que mesmo o menor dano pode resultar em efeitos letais (PEREIRA, 2010). Gill et al. (2012) afirmaram que a exposição simultânea à diferentes inseticidas podem gerar efeitos combinatórios das substâncias, com consequências ainda mais graves aos enxames. Deste modo, diversos autores associaram essas classes de inseticidas ao desaparecimento das abelhas.

2.3.1. Modo de ação da Espiromesifeno

Segundo Bielza, et al. (2018), o Espiromesifeno tem como modo de ação ser regulador de crescimento, atuando como inibidores da acetil CoA carboxilase, a enzima que catalisa a primeira etapa da biossíntese de ácidos graxos. Componentes importantes da célula da membrana plasmática, os ácidos graxos são necessários para o crescimento e desenvolvimento. O inseticida inibe a biossíntese de lipídios, interrompendo o desenvolvimento de insetos imaturos, incluindo pupas de mosca branca, que não são controladas por muitos outros inseticidas. Adultos não são agudamente afetados, mas sua fecundidade é diminuída (BASF, 2013; POZEBON; ARNEMANN, 2021).

O espiromesifeno afeta as cadeias lipídicas absorvidas através das membranas da enterócitos que irão entrar em rotas metabólicas específicas, dependendo das necessidades de energia da célula. Os ácidos graxos de cadeia longa, ainda presentes nas células enterócitos, são ativados para o acil-CoA correspondente, para que possam ser usados nas vias metabólicas e essa ativação é realizada pela adição de moléculas de coenzima A, que são catalisadas pela família de enzimas acil-CoA sintase (ACS) (GREVENGOED et al., 2014; ALVES-BEZERRA et al., 2016).

Os derivados de ácido tetrônico e tetrâmico foram descobertos e comercializados pela Bayer CropScience. Espirodiclofen, o primeiro ingrediente ativo desse grupo, foi introduzido em 2003 como um acaricida seletivo destinado ao controle de pragas em frutíferas. Já em 2005, surgiu o espiromesifeno, que aliou o controle de ácaros ao de mosca-branca. Por fim, foi introduzido em 2008 o espirotetramato, de ação sistêmica e recomendado para o controle de pulgões, cochonilhas e tripses, além de ácaros e mosca-branca. (POZEBON; ARNEMANN, 2021).

Os produtos formulados com reguladores de crescimento têm alta seletividade e baixa toxicidade para mamíferos. Além disso, a maioria dos reguladores de crescimento não tem um efeito surpreendente nem uma ampla gama de efeitos e atuam principalmente por meio da ingestão. No entanto, seu efeito inicial lento é compensado pelo longo efeito residual que eles fornecem (POZEBON; ARNEMANN, 2021).

2.4. Toxicidade de inseticidas sobre *Apis mellifera*

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 uso de agrotóxicos (COUTINHO et al., 2005). A apicultura, no entanto, é uma atividade dependente das plantas cultivadas ou da mata local como fonte de alimento, ficando as abelhas expostas aos poluentes que são liberados no ambiente em que vivem, causando intoxicação e contaminação de seus produtos. Com isso, devido à dependência da produção agrícola por agrotóxicos, novos defensivos surgem para aumentar a produtividade das culturas, e podem estar relacionados com a CCD (Colony Collapse Disorder ou em português “Distúrbio de Colapso das Colônias”) (PEREIRA, 2010).

Nas grandes propriedades é priorizado o monocultivo, onde os defensivos químicos são pulverizados por meio de tratores e aviões sobre as lavouras, que atingem não só as pragas nas culturas, mas também o solo, as águas superficiais, o ar, a chuva e os alimentos (PIGNATI et al., 2017). O alvo das pulverizações são os insetos, fungos ou ervas daninhas e, nesse processo, plantações, matrizes ambientais são contaminadas, além de trabalhadores, moradores do entorno e outros animais. Entretanto, quando dispersos no ambiente, podem causar sérios danos, levando até mesmo à alteração da dinâmica natural de pressão de seleção

exercida sobre os organismos, podendo causar mudanças no ecossistema afetado (SPADOTTO, 2006; PIGNATI et al., 2017).

Um método clássico para avaliar a toxicidade de substâncias tóxicas às abelhas é por meio da determinação da DL50 (dose letal média capaz de exterminar 50% de uma população) (PEREIRA, 2010). Métodos oficiais de condução desses testes são descritos por protocolos da OECD (1998). Nesses testes, agrotóxicos podem ser aplicados topicamente ou oralmente, e a mortalidade é registrada 24 e/ou 48 horas após o início das aplicações (PEREIRA, 2010).

Comumente, observa-se na literatura, diferenças nos valores de DL50 obtidos para um mesmo agrotóxico; essas diferenças podem ser atribuídas a diversos fatores que influenciam os testes, como a variabilidade genética de cada população de abelha testada, variações climáticas locais e manipulação do pesquisador (PEREIRA, 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA), pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal – PB. Para realizar o trabalho foram utilizadas operárias adultas de *A. mellifera* provenientes de colônias pertencentes ao apiário da UAGRA/CCTA/UFCG. O inseticida/acaricida avaliado foi o Espiromesifeno (Oberon[®]), nas doses mínima (0,048 g i.a. L⁻¹), intermediária (0,096 g i.a. L⁻¹) e máxima (0,144 g i.a. L⁻¹) recomendada pelo fabricante para uso no Brasil. O inseticida Tiametoxam (Actara[®]) foi utilizado como testemunha positiva (Tabela 1).

Tabela 1: Inseticidas e respectivas doses, utilizados para avaliar a toxicidade oral e residual sobre *A. mellifera*, Pombal-PB, 2021.

INGREDIENTE ATIVO	GRUPO QUÍMICO	DOSE (g i.a. L ⁻¹)	MODO DE AÇÃO	PRAGAS ALVO
Água destilada	-	-	-	-
Tiametoxam	Neonicotinóide	0,30	Moduladores competitivos de receptores nicotínicos da acetilcolina	<i>Bemisia tabaci</i> raça B <i>Aphis gossypii</i>
Espiromesifeno	Cetoenol	0,048	Inibidores de acetil CoA	<i>Bemisia tabaci</i> raça B <i>Tetranychus urticae</i> <i>Poliphagotarsonemus latus</i>
Espiromesifeno	Cetoenol	0,096	Inibidores de acetil CoA	<i>Bemisia tabaci</i> raça B <i>Tetranychus urticae</i> <i>Poliphagotarsonemus latus</i>
Espiromesifeno	Cetoenol	0,144	Inibidores de acetil CoA	<i>Bemisia tabaci</i> raça B <i>Tetranychus urticae</i> <i>Poliphagotarsonemus latus</i>

A toxicidade do inseticida/acaricida espiromesifeno foi avaliada em dois bioensaios distintos, representados por dois modos de exposição: Oral, por meio do fornecimento de dieta contaminada, e residual através do contato das abelhas com superfície recém pulverizada. Os dois bioensaios foram realizados com base na metodologia proposta por Costa et al. (2014). Para realização dos bioensaios, foram utilizadas arenas plásticas para confinamento das abelhas (15cm de diâmetro X 15cm de altura), com a extremidade parcialmente coberta com tela anti-afídeo e as laterais com aberturas de 1 mm para

possibilitar a adequada circulação de ar no ambiente. Em cada arena foi introduzida dieta artificial [pasta Cândi (mel + açúcar)] e um chumaço de algodão embebido em água. Ambos os bioensaios foram mantidos em sala climatizada a 25 ± 2 °C, $50 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 h.

Os dois bioensaios foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos [Testemunha absoluta – água destilada; Testemunha positiva - Actara® (Tiametoxam) dose máxima; e o inseticida Oberon® (Espiromesifeno) dose mínima (0,048 g i.a. L⁻¹), Oberon® (Espiromesifeno) dose intermediária (0,096 g i.a. L⁻¹), Oberon® (Espiromesifeno) dose máxima (0,144 g i.a. L⁻¹)] e 10 repetições, sendo cada unidade experimental formada por 10 abelhas adultas.

Após a aplicação dos tratamentos foram avaliadas a mortalidade e comportamento, distúrbios motores (paralisia, prostração, tremores etc) a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 15, 18, 21 e 24 horas após o início da exposição aos inseticidas. As abelhas foram consideradas mortas quando não responderam a estímulos mecânicos em cada horário de avaliação.

3.1. Toxicidade Oral de Espiromesifeno sobre *A. mellifera*

Para avaliar a toxicidade oral de Espiromesifeno sobre *A. mellifera*, inicialmente foi preparada a pasta cândi (a base de mel e açúcar refinado), dieta artificial comumente utilizada para suplementação alimentar das abelhas. Posteriormente, os tratamentos foram pulverizados sobre a dieta artificial, com auxílio de um pulverizador manual. Em seguida, com as abelhas já distribuídas nas arenas, a dieta contaminada foi inserida no interior dos recipientes. A partir deste momento, as abelhas ficaram sob observação constante até a confirmação da alimentação. Posteriormente foram avaliadas a mortalidade e os distúrbios motores durante os horários de avaliação.

3.2. Toxicidade residual de Espiromesifeno sobre *A. mellifera*

Para avaliar a toxicidade residual de Espiromesifeno sobre *A. mellifera*, os tratamentos foram pulverizados em todo interior da arena, com auxílio de um pulverizador manual. Em seguida, as arenas permaneceram em local arejado e a sombra durante 15 minutos para secagem dos tratamentos. Após a secagem, as abelhas foram distribuídas nas respectivas arenas, sendo introduzida a dieta artificial e um chumaço de algodão embebido em água.

Posteriormente foram avaliadas a mortalidade e os distúrbios motores durante os horários de avaliação.

3.3. Análise dos dados

Os dados de mortalidade foram corrigidos utilizando a fórmula proposta por Abbott (1925) e em seguida as médias foram comparadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (1952) ao nível de 5% de significância, por meio do software R (R Development Core Team 2011). As observações do comportamento foram apresentadas em gráficos de barra elaborados no Microsoft Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que as doses do inseticida/acaricida Espiromesifeno, via dieta contaminada, diferiram estatisticamente das testemunhas absoluta e positiva. A dose intermediária (0,096 g i.a. L⁻¹) e máxima (0,144 g i.a. L⁻¹) do Espiromesifeno não diferiram entre si, provocando a morte de 68,3% e 69,6% das abelhas, respectivamente, sendo menos letal que a testemunha positiva, o inseticida Tiametoxam. A menor dose avaliada, 0,048 g i.a. L⁻¹, ocasionou morte de 22,7% das abelhas. Já em relação à toxicidade residual, as doses 0,048 g i.a. L⁻¹, 0,096 g i.a. L⁻¹ e 0,144 g i.a. L⁻¹ não diferiram estatisticamente entre si, provocando, respectivamente, 24,7%, 25,7% e 25,9% de mortalidade. Novamente, o inseticida Espiromesifeno foi menos letal que a testemunha positiva (Tabela 2).

Tabela 2. Mortalidade (%) de abelhas africanizadas *Apis mellifera* expostas à ingestão de dieta contaminada e resíduos de inseticidas, Pombal – PB, 2021.

Tratamentos	Dose (g i.a. L ⁻¹)	(%) Mortalidade - dieta contaminada*	(%) Mortalidade – residual*
Testemunha absoluta (água destilada)	-	0,0d	0,0c
Testemunha positiva (Tiametoxam)	0,30	96,0a	100a
Espiromesifeno	0,048	22,7c	24,7b
Espiromesifeno	0,096	68,3b	25,7b
Espiromesifeno	0,144	69,6b	25,9b

*Mortalidade corrigida pela equação de Abbott (1925) e médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal – Wallis ao nível de 5% de significância.

Independente do modo de exposição avaliado foi notório que o aumento na dose do Espiromesifeno proporcionou aumento gradativo na mortalidade. Esta constatação ficou mais evidente para o modo de exposição oral, ou seja, quando as operarias adultas consumiram a dieta contaminada por Espiromesifeno. Baptista et al. (2009) avaliaram a toxicidade oral do acaricida espiroclorfenol, produto pertencente ao mesmo grupo químico (cetoenol) do Espiromesifeno, sobre *A. mellifera*, e constataram que a dose 0,025 g i.a. L⁻¹ provocou a morte de 30% das abelhas após 96 horas do fornecimento da dieta. Desta forma, podemos associar que as mínimas doses desse grupo químico de inseticida mostram-se pouco letal para as *A. mellifera*, pois, produtos reguladores de crescimento geralmente são mais prejudiciais aos insetos que se encontram na fase jovem (BAPTISTA et al. 2009; POZEBON; ARNEMANN, 2021). Contudo, é importante salientar que já foi verificado que as células digestivas do intestino médio de *A. mellifera* são danificadas após o contato com Espiromesifeno, indicando que o referido produto pode até não causar a morte das abelhas, mas seus efeitos colaterais podem danificar o intestino médio, afetando a longevidade e o comportamento dos polinizadores (SERRA et al. 2021).

Em relação ao efeito residual, Ratnakar et al. (2017) avaliaram a toxicidade do contato residual de *A. mellifera* com uma dose única de 0.4ml (0,096 g i.a. L⁻¹) de Espiromesifeno, sendo observado 22,21% de mortalidade depois de 24 horas de exposição no bioensaio. Deste modo, demonstrando baixa mortalidade quando a abelha tem contato residual com inseticida/acaricida, à vista disso, mostra que quando o ingrediente ativo é ingerido pelo inseto desempenha de melhor forma sua ação de controle (BASF, 2013; BIELZA et al. 2018; POZEBON; ARNEMANN, 2021).

Em relação ao comportamento das abelhas após a exposição à dieta contaminada com o inseticida Espiromesifeno, foi constatado que 20%, 25% e 25% das abelhas apresentaram distúrbios motores (paralisia, prostração etc.) nas doses, 0,048 g i.a. L⁻¹, 0,096 g i.a. L⁻¹ e 0,144 g i.a. L⁻¹, respectivamente, enquanto a testemunha positiva, o inseticida Tiametoxam, provocou distúrbios motores em mais de 90% nas abelhas (Gráfico 1).

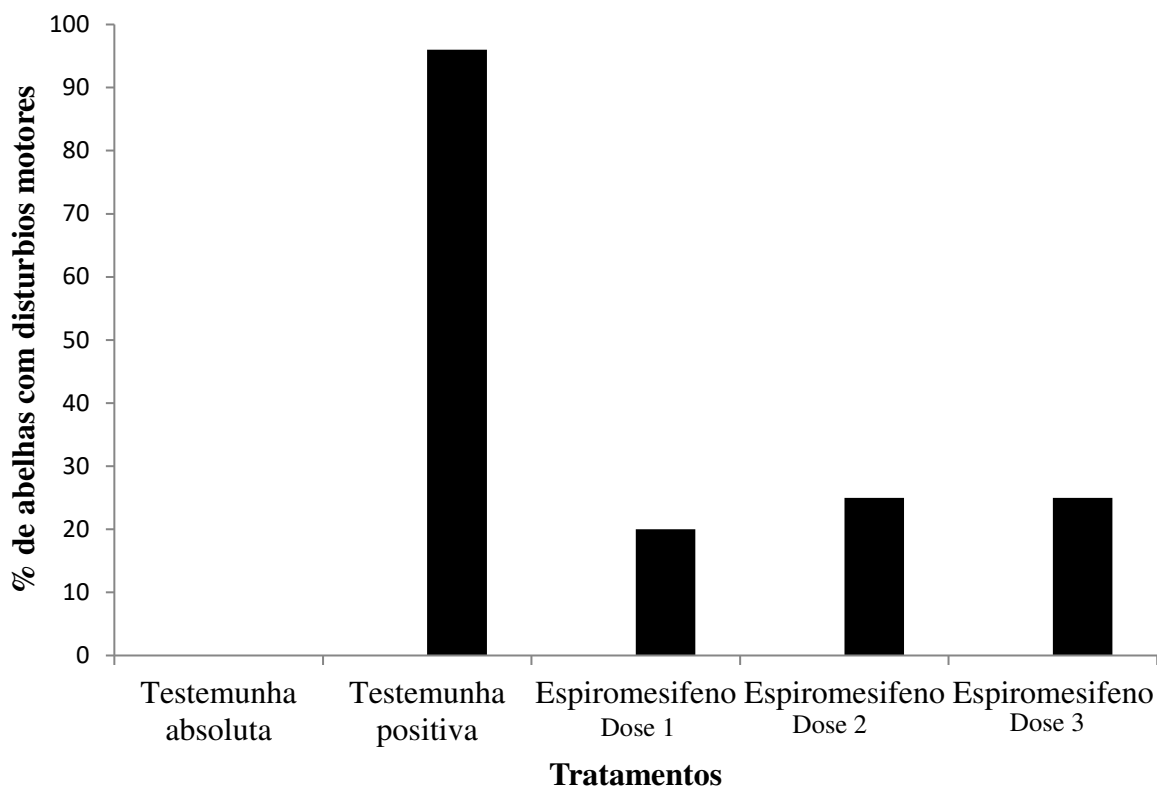


Gráfico 1. Porcentagem de distúrbios motores de abelhas africanizadas *Apis mellifera* após ingestão de dieta contaminada com Espiromesifeno após 24 horas de exposição, Pombal-PB, 2021.

Em relação ao comportamento das abelhas após o contato com resíduos do inseticida Espiromesifeno, foi constatado que 20%, 20% e 30% das abelhas apresentaram distúrbios motores (paralisia, prostração e tremores etc.) nas doses 0,048 g i.a. L⁻¹; 0,096 g i.a. L⁻¹ e 0,144 g i.a. L⁻¹, respectivamente, enquanto a testemunha positiva provocou distúrbios motores em 100% nas abelhas antes da morte (Gráfico 2).

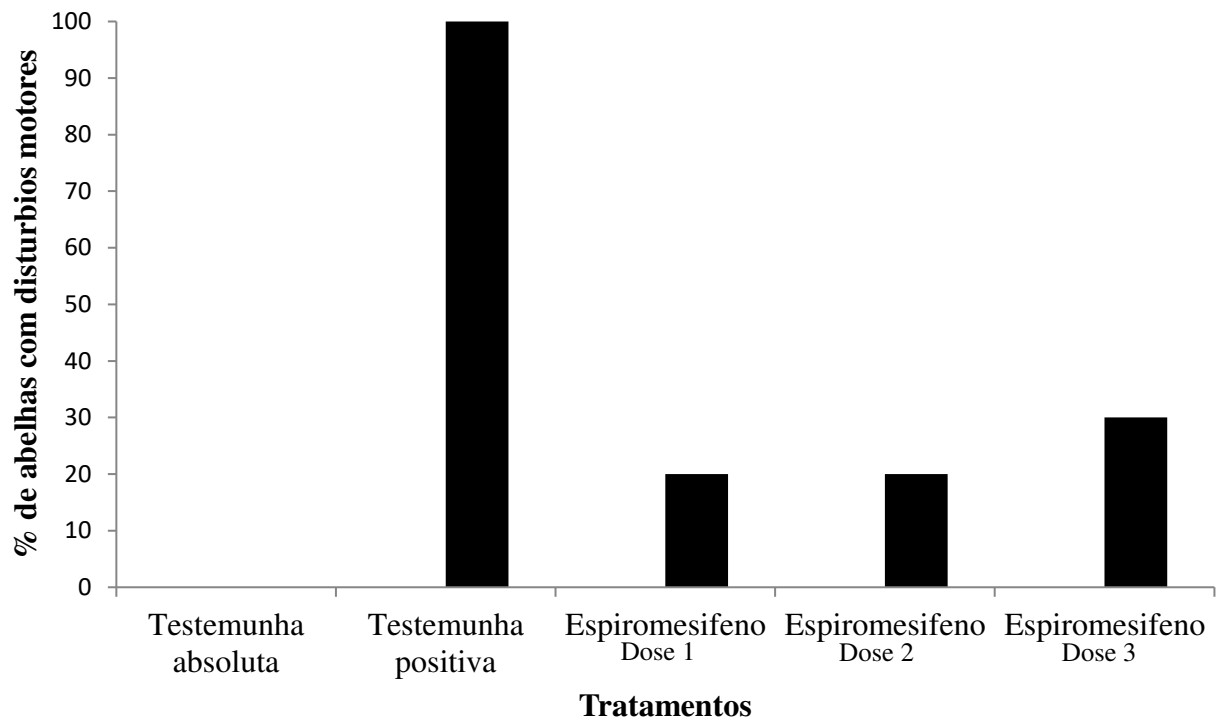


Gráfico 2. Porcentagem de distúrbios motores de abelhas africanizadas *Apis mellifera* após contato residual com Espiromesifeno após 24 horas de exposição. Pombal-PB, 2021

Uma das possíveis causas para distúrbios motores proporcionado pelo Espiromesifeno é o fato dos produtos formulados como reguladores de crescimento, não apresentando uma ampla gama de efeitos, assim diminuindo os efeitos subletais para as *A. mellifera*. No entanto, seu efeito inicial lento é compensado pelo longo efeito residual que eles fornecem, dessa forma pelo longo efeito residual pode provocar problemas motores e sua rejeição pela colmeia (POZEBON; ARNEMANN, 2021).

Estes são os primeiros resultados sobre a toxicidade do inseticida Espiromesifeno, nas doses registradas para o controle de pragas no Brasil e em diferentes modos de exposição, sobre *A. mellifera*. Independente do modo de exposição às abelhas, o inseticida Espiromesifeno foi menos nocivo do que o inseticida Tiametoxam, especialmente para o contato residual. Os resultados obtidos irão incrementar o manejo sustentável da abelha *A. mellifera* em áreas agrícolas e subsidiar novas pesquisas com o inseticida/acaricida Espiromesifeno, seja em condições de laboratório ou de campo.

5. CONCLUSÕES

O inseticida/acaricida Espiromesifeno, quando fornecido via dieta contaminada, apresentou-se altamente tóxico sobre as operárias adultas de abelhas *A. mellifera* nas doses acima de 0,048 g i.a. L⁻¹.

O inseticida/acaricida Espiromesifeno foi considerado pouco tóxico via residual sobre as abelhas.

6. REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.

AIZEN, M. A.; HARDER, L. D. The global stock of domesticated honeybees is growing slower than agricultural demand for pollination. **Current Biology**, v.19, p.915-918, 2009.

ALVES-BEZERRA, M.; KLETT, E. L.; DE PAULA, I. F.; RAMOS, I. B.; COLEMAN, R. A.; GONDIM, K. C. Long-chain acyl-CoA synthetase 2 knockdown leads to decreased fatty acid oxidation in fat body and reduced reproductive capacity in the insect *Rhodnius prolixus*. **Biochimica et Biophysica Acta**. v. 1861, p. 650–662, 2016.

ARAUJO, W. L.; GODOY, M. S.; MARACAÇA, P. B.; COELHO, W. A. C.; SILVA, B. K. A.; RUGAMA, A. J. M.; ARAUJO, 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.

BASF. **Insecticide Mode of Action**. North Caroline: Basf Corporation, 2013.

BARBOSA, M. A. **Identificação de sexo e castas em abelhas *Apis mellifera* utilizando a técnica de espectroscopia no infravermelho próximo**. 2015. Instituto Nacional de pesquisa da Amazônia, programa de pós-graduação em Genética, conservação e Biologia evolutiva, Manaus, AM, p. 54, 2015.

BARBOSA, W. de F.; SOUSA, E. P. de. Nível tecnológico e seus determinantes na apicultura cearense. **Revista de Política Agrícola**, Cariri, v. 22, n. 3, p. 32-47, set. 2013.

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

BERNAL, J.; GARRIDO-BAILÓN, E.; DEL NOZAL, M. J.; GONZÁLEZ PORTO, A. V.; MARTÍN-HERNÁNDEZ, R.; DIEGO, J. C.; JIMÉNES, J. J.; BERNAL, J. L.; HIGES, M. Overview of pesticide residues in stored pollen and their potential effect on bee colony (*Apis mellifera*) losses in Spain. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 6, p. 1964–1971, 2010.

BIELZA, P.; MORENO, I.; BELANDO, A.; GRÁVALOS, C.; IZQUIERDO, J.; NAUEN, R. Spiromesifen and spirotetramat resistance in field populations of *Bemisia tabaci* Gennadius in Spain. **Pest Management Science**, [S.L.], v. 75, n. 1, p. 45-52, 2018.

BREEZE, T. D.; BAILEY, A. P.; BALCOMBE, K. G.; POTTS, S. G. Pollination services in the UK: How important are the honeybees? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.142, p.137-143, 2011.

COBRA, S. S. de O.; SILVA, C. A.; KRAUSE, W.; DIAS, D. C.; KARSBURG, I. V.; MIRANDA, A. F. de. Características florais e polinizadores na qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-azedo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 50, n. 1, p. 54-62, 2015.

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

COUTINHO, C. F. B.; TANIMOTO, S. T.; GALLI, A.; GARBELLINI, G. S.; TAKAYAMA, M.; AMARAL, R. B. do; 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.

COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. Apicultura: manejo e produtos. Jaboticabal: **FUNEP**, p. 191, 2002.

CHAMBÓ, E. D.; GARCIA, R. C.; OLIVEIRA, N. T. E. de; 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.

CRANE, E. The world history of beekeeping and honey hunting. 1.ed. **Routledge**, p. 682, 1999.

DOWSON, R. J. An introduction to the principles of neurophysiology. **Pesticide Science**, v.8, n.6, p.651-660, 1977.

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

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

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.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba/SP: FEALQ. p. 469, 2002.

GILL, R. J.; RAMOS-RODRIGUEZ, O.; RAINE, N. E. Combined pesticide exposure severely affects individual – and colony – levels traits in bees. **Nature**, v.491, p.105- 109, 2012.

GREVENGOED, T. J.; KLETT, E. L.; COLEMAN, R. A. Acyl-CoA metabolism and partitioning. **Annual Review of Nutrition**. v. 34, p. 1-30, 2014.

IRAC. 2018. **Mode of Action Classification Scheme**. Disponível em: < <https://www.iraconline.org/documents/moa-structures-poster-english/?ext=pdf> >. Acessado em: 18 maio 2021

JATI, S. R. Qualidade do mel de abelha, no Estado de Roraima, Brasil. **Ambiente: Gestão Desenv.**, v. 2, n.1, p. 5-15, 2007.

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A. A.; WANTZEN, M.; SILVA, C. J. da; ZECH, W. Pesticides in surface water, sediment, and rainfall of the Northeastern Pantanal Basin, Brazil. **Journal of Environment Quality**, v.31, p.1636-1648, 2002.

LARSEN, T. H.; WILLIAMS, N. W.; KREMEN, C. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. **Ecology Letters**, v.8, p.538-547, 2005.

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.

LIMA, S. A. M. de. **A apicultura como alternativa social, econômica e ambiental para a XI Mesorregião do Noroeste do Paraná**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MALASPINA, O.; SOUZA, T. F.; SILVA-ZACARIN, E. C. M.; CRUZ, A. S.; JESUS, D. Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 2008, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: FUNPEC, Universidade de São Paulo, 2008. p. 41–48.

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

MELLO, M.H.S.H.; SILVA, E.A.; NATAL, D. Abelhas africanizadas em área metropolitana do Brasil: abrigos e influências climáticas. **Revista de Saúde Pública**, v.37, n.2, p.237-241, 2003.

MORITZ, R. F. A.; MIRANDA, J. de; FRIES, I.; CONTE, Y. Le; NEUMANN, P.; PAXTON, R. J. Research strategies to improve honeybee health in Europe. **Apidologie** 41, 227-242, 2010.

NOCELLI, R. C. F. **Contribuição à análise do processo de africanização de *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae)**: Características do desenvolvimento das glândulas de dufour e de veneno. Rio Claro: SP. p. 104, 2003.

PEREIRA, A. M. **Efeitos de inseticidas na sobrevivência e no comportamento de abelhas**. 2010. 125f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

PIGNATI, W. A.; LIMA, F. A. N. de S. e; LARA, S. S. de; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. da C.; PIGNATTI, M. G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a vigilância em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 22, n. 10, p. 3281-3293, 2017.

POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

POZEBON, H.; ARNEMANN, J. A. Como funcionam os inibidores da acetil CoA e os inibidores de crescimento de ácaros? **Portal Mais Soja**. 2021.

RAMOS, J. M.; CARVALHO, N. C. D.; Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, p. 21, 2007.

RATNAKAR, V; KOTESWARA RAO, K. S. R; SRIDEVI, D; VIDYASAGAR, B. Sublethal Lethal exposure of certain newer insecticides molecules to honeybee, *Apis mellifera* Linnaeus. **International Journal Of Pure & Applied Bioscience**, [S.L.], v. 5, n. 4, p. 641-646, 2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. 2019.

RICKETTS, T. H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S. S.; KLEIN,

A. M.; MAYFIELD, M. M. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v.11, p.499-515, 2008.

ROSA, J. M. da; ARIOLI, C. J.; NUNES-SILVA, P.; GARCIA, F. R. M. Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: existe uma explicação? **Revista de Ciências Agroveterinárias**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 154-162, 2019.

SEELEY, T. D. Honeybee ecology: a study of adaptation in social life. Princeton: **Princeton University Press**, p. 192, 1985.

SERRA, R. S.; COSSOLIN, J. F. S.; RESENDE, M. T. C. S. de; CASTRO, M. A. de; OLIVEIRA, A. H.; MARTÍNEZ, L. C.; SERRÃO, J. E. Spiromesifen induces histopathological and cytotoxic changes in the midgut of the honeybee *Apis mellifera* (Hymenoptera: apidae). **Chemosphere**, [S.L.], v. 270, p. 129439, 2021.

SILVA, E. A. **Apicultura sustentável: produção e comercialização de mel no sertão sergipano**. 2010. 153 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010.

SOUZA, D.L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; CALDAS PINTO, M.S. As abelhas como agentes polinizadores. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v.8, p.1-7, 2007.

STONER, K. A; COWLES, R. S.; NURSE, A; EITZER, B. D. Tracking pesticide residues to a plant genus using palynology in pollen trapped from honey bees (Hymenoptera: apidae) at ornamental plant nurseries. **Environmental Entomology**, [S.L.], v. 48, n. 2, p. 351-362, 2019.

SPADOTTO, C.A. Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos. **Revista Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar**, 2006.

VIEIRA, P. F. da S. P.; CRUZ, D. de O.; GOMES, M. F. M.; CAMPOS, L. A. de O.; LIMA, J. E. de. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. **Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica**, v.15, p.43-53, 2010.

VIGUI, M.; FUNARI, E. Pesticide risk in ground water. 1.ed. Boca Raton, USA: **Lewis Publishers Inc.**, 1995, 275p.

WANG, Y.; ZHANG, W.; SHI, T.; XU, S.; LU, B.; QIN, H.; YU, L. Synergistic toxicity and physiological impact of thiamethoxam alone or in binary mixtures with three commonly used insecticides on honeybee. **Apidologie**, [S.L.], v. 51, n. 3, p. 395-405, 2019.

WIESE, H. Apicultura: novos tempos. 2ª.ed. **Guaíba: Agrolivros**, 2005, 378p.

WINSTON, M. L. A biologia da abelha. tradução de Carlos A. Osowski. Porto Alegre: Editora **Magister**, p. 427, 2003.

WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. de O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L. Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. São Carlos, **Editora Cubo**. v. 1, n. 1, p. 6-93, 2019.