



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR - CCTA
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - UAGRA
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DIANDRA SANTANA PERÔNICA

**TOXICIDADE RESIDUAL DE TIACLOPRIDO EM FOLHAS DE
MELOEIRO SOBRE *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE)**

POMBAL – PB

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR - CCTA
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - UAGRA
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**TOXICIDADE RESIDUAL DE TIACLOPRIDO EM FOLHAS DE
MELOEIRO SOBRE *Apis mellifera* (HYMENOPTERA: APIDAE)**

DIANDRA SANTANA PERÔNICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Curso de Agronomia, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. EWERTON MARINHO DA COSTA.

POMBAL – PB

2023

P453t Perônica, Diandra Santana.

Toxicidade residual de Tiacloprido em folhas de meloeiro sobre *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) / Diandra Santana Perônica. – Pombal, 2023.

28 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa”.

Referências.

1. Abelhas. 2. Inseticidas. 3. Neonicotinoide. 4. Mortalidade de abelhas. I. Costa, Ewerton Marinho da. II. Título.

CDU 638.12 (043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR - CCTA
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - UAGRA
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TOXICIDADE RESIDUAL DE TIACLOPRIDO EM FOLHAS DE MELOEIRO SOBRE
Apis mellifera (HYMENOPTERA: APIDAE)

DIANDRA SANTANA PERÔNICA

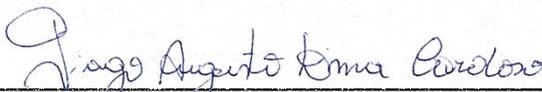
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Curso de Agronomia, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 20/06/2023

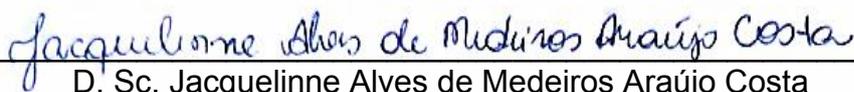
BANCA EXAMINADORA



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



D. Sc. Tiago Augusto Lima Cardoso
Examinador Interno
UAGRA/CCTA/UFCG



D. Sc. Jacquelinne Alves de Medeiros Araújo Costa
Examinadora Externa

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, criador e mantenedor de todas as coisas. Toda honra e glória ao Senhor, pois sem Ele eu não teria conseguido; e à minha família que me deram forças e me ensinaram a ser quem eu sou.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo amor, amparo, saúde, coragem e força, por ter me permitido chegar até aqui, e realizasse esse sonho, és o meu refúgio e minha fortaleza.

A minha família, Dilvan Nobre Perônica, Sandra Pereira Santana Perônica e Denn's Santana Perônica, por todo apoio e amparo que me deram, por serem meu porto seguro, sem vocês nada disso seria possível.

A minha tia, Candida Maria Santana por toda ajuda durante esses 5 anos de cursos, por acreditar em mim, por sempre me ajudar, me incentivar a ir atrás dos meus sonhos, és meu exemplo de dedicação.

Ao meu primo, Jadson Santana de Almeida por todo apoio que me deu durante esses anos, por nunca ter medido esforço para me ajudar quando mais precisei, por sempre estar comigo, me apoiando a conquistar todos os meus objetivos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa, por ter acreditado em mim e no meu potencial, obrigada por me ter ajudado e me encorajado, tu és meu exemplo de inspiração.

Aos meus amigos do 2017.2, Fabio Junior, Larissa Félix e João Vitor, por me ajudarem durante esses 5 anos, por todos os ensinamentos compartilhados.

Aos meus amigos, Evanilson Almeida, Alessandra Queiroga, Lavinia Feitosa, José Jefferson, Gilberto Antônio, Nadiana Praça, Poliana Linhares, Alessandro Marques, Jean Telvio e Roberta Barbosa, obrigada por todos os momentos de descontração, pelo incentivo e todo amor que me deram, sempre me lembrarei de vocês.

A empresa EMPAER/PB, pela oportunidade de estágio supervisionado e por toda sua equipe, ao supervisor, Sr. Inácio Marinho das chagas, e aos meus colegas Rafaela Torres, Maria Izabel, Victor Hugo e Eduardo Nascimento, obrigada por tudo.

A todos os integrantes do Grupo de Estudos em Entomologia (GEENTO) e ao Técnico de Laboratório Tiago Cardoso por todo suporte na montagem do experimento.

A banca examinadora por acrescentar melhorias a este trabalho.

A Universidade federal de Campina Grande (UFCG) em especial ao Centro de Ciências de Tecnologia Agroalimentar (CCTA) e todo seu corpo docente.

A todo mundo que me ajudou de forma direta e indireta para que esse sonho se concretizasse, meus mais sinceros agradecimentos.

PERÔNICA, D. S. **Toxicidade residual de Tiacloprido em folhas de meloeiro sobre *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)**. UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR, UFCG, março de 2023, 28 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Orientador: Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa.

RESUMO

As abelhas são agentes polinizadores de extrema importância ecológica, ambiental e econômica. Contudo, um dos principais problemas para manutenção de polinizadores em áreas agrícolas tem sido o uso abusivo de pesticidas nas lavouras. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito residual do Tiacloprido em folhas de meloeiro sobre *A. mellifera* em diferentes tempos após a pulverização. O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal- PB. Para a realização do trabalho foram utilizadas operárias adultas de *A. mellifera* provenientes de 05 colmeias pertencentes ao apiário do CCTA/UFCG. O inseticida Tiacloprido foi avaliado nas doses mínima (150 mL/ha) e máxima (200 mL/ha) recomendada pelo fabricante para o manejo de pragas na cultura do meloeiro, sendo utilizada água destilada como testemunha absoluta e o inseticida Tiametoxam como testemunha positiva. Após a aplicação dos tratamentos foram avaliadas a mortalidade e o comportamento das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 24 e 48 horas após o início da exposição aos inseticidas, bem como a capacidade de voo das abelhas que sobreviveram após as 48 horas de exposição. Foram observados percentuais de mortalidade para dose mínima (0,144 g i.a./L) de 54%, 57%, e 44% em 1h, 2h e 3h após a pulverização e para dose máxima (0,192 g i.a./L) em 1h, 2h e 3h após a pulverização a mortalidade foi de 45% e 42%, 27%, respectivamente. Na dose mínima (0,144g i.a./L), independente do tempo de exposição, o TL₅₀ foi de 38,36 horas, igualmente para a dose máxima (0,192 g i.a./L) após 1h e 2h de pulverização. Na dose máxima (0,192 g i.a./L) após o tempo de exposição em 3h o TL₅₀ foi de 63,69 horas apresentando uma menor velocidade na taxa de mortalidade. A testemunha positiva apresentou TL₅₀ de 3,17 horas com 1h e TL₅₀ de 5,75 horas para 2h e 3h após a pulverização. O Tiacloprido nas doses mínima e máxima foi moderadamente tóxico para as operárias adultas de *A. mellifera* após o contato com resíduo do produto nas folhas de meloeiro, independente dos tempos avaliados após a pulverização e interferiu na capacidade de voo de *A. mellifera*.

Palavras Chaves: Abelhas, Inseticidas, Neonicotinoide, Mortalidade.

PERÔNICA, D. S. **Residual toxicity of Thiacloprid in melon leaves on *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)**. ACADEMIC UNIT OF AGRICULTURAL SCIENCES, CENTER FOR AGRIFOOD SCIENCES AND TECHNOLOGY, UFCG, march 2023, 28 p. Completion of course work. Advisor: Prof. doctor Ewerton Marinho da Costa.

ABSTRACT

Bees are pollinating agents of extreme ecological, environmental and economic importance. However, one of the main problems for the maintenance of pollinators in agricultural areas has been the abusive use of pesticides in crops. Therefore, the present work aimed to evaluate the residual effect of Thiacloprid in melon leaves on *A. mellifera* at different times after spraying. The experiment was carried out at the Entomology Laboratory of the Center for Agro-Food Science and Technology (CCTA) of the Federal University of Campina Grande (UFCG), Campus Pombal PB. To carry out the work, adult *A. mellifera* workers from 05 beehives belonging to the CCTA/UFCG apiary were used. The insecticide Thiacloprid was evaluated at the minimum (150 mL/ha) and maximum (200 mL/ha) doses recommended by the manufacturer for the management of pests in the melon crop, using distilled water as an absolute control and the insecticide Thiamethoxam as a positive control. After the application of the treatments, the mortality and behavior of the bees were evaluated at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 24 and 48 hours after the beginning of the exposure to the insecticides, as well as the flight capacity of the bees that survived after 48 hours of exposure. Mortality percentages were observed for the minimum dose (0.144 g i.a./L) of 54%, 57%, and 44% at 1h, 2h, and 3h after spraying and for the maximum dose (0.192 g i.a./L) at 1h, 2h, and 3h after spraying the mortality was 45% and 42%, 27%, respectively. At the minimum dose (0.144g i.a./L), regardless of exposure time, the LT_{50} was 38.36 hours, also for the maximum dose (0.192 g i.a./L) after 1h and 2h of spraying. At the maximum dose (0.192 g i.a./L) after the exposure time in 3 hours, the LT_{50} was 63.69 hours, showing a lower rate of mortality. The positive control showed LT_{50} of 3.17 hours at 1h and TL_{50} of 5.75 hours at 2h and 3h after spraying. Thiacloprid at the minimum and maximum doses was moderately toxic to adult workers of *A. mellifera* after contact with product residue on melon leaves, regardless of the times evaluated after spraying, and interfered with the flight capacity of *A. mellifera*.

Keywords: Bees, Insecticides, Neonicotinoids, Mortality.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E ECOLÓGICA DA ABELHA <i>Apis mellifera</i>	11
2.2. TOXICIDADE DOS NEONICOTINÓIDES SOBRE <i>Apis mellifera</i>	12
2.3. TOXICIDADE DE TIACLOPRIDO SOBRE A <i>Apis mellifera</i>	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1. BIOENSAIO 1: TOXICIDADE RESIDUAL DE TIACLOPRIDO SOBRE <i>Apis mellifera</i>	15
3.2. BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE VOO DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> APÓS A EXPOSIÇÃO RESIDUAL AO INSETICIDA TIACLOPRIDO.....	18
3.3. ANÁLISES DE DADOS.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. TOXICIDADE RESIDUAL DE TIACLOPRIDO SOBRE <i>Apis mellifera</i>	19
4.2. CAPACIDADE DE VOO DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> APÓS A EXPOSIÇÃO RESIDUAL AO INSETICIDA TIACLOPRIDO.....	21
5. CONCLUSÕES	24
6. REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

As abelhas são agentes polinizadores de extrema importância ecológica, ambiental e econômica (BARBOSA et al., 2017; MACIEL et al., 2018). Em áreas agrícolas, a polinização realizada pelas abelhas é fundamental para obtenção dos frutos (SOUZA et al., 2007), destacando-se a espécie *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) como um dos polinizadores mais utilizados e eficazes (SOUSA et al., 2016).

Em cultivos de melão (*Cucumis melo* Linnaeus), a *A. mellifera* é indispensável para efetiva polinização e, conseqüentemente, obtenção de frutos (KIILL et al., 2015). Uma prática essencial no Brasil, é a inserção de colmeias de *A. mellifera* nas áreas de produção de melão, o que garante um bom desenvolvimento dos frutos (TRINDADE et al., 2004; SOUSA et al., 2009).

Entretanto, tem sido observado nos últimos anos o declínio populacional de abelhas em diversas regiões do mundo, sendo um dos principais fatores o uso abusivo de pesticidas (GODFRAY et al., 2010; LEONHARDT et al., 2013; ORSI et al., 2017). Em pesquisa visando avaliar as perdas de colônias no Brasil, Castilhos et al. (2019) relataram que cerca de 50% das colônias são perdidas anualmente e estima-se que mais de um bilhão de abelhas morreram nas em diferentes regiões do país. Ainda segundo os autores, o uso indiscriminado de inseticidas contribuiu para esses declínios.

Em campo, as abelhas entram em contato com os inseticidas de três formas distintas: através do contato com gotículas de uma pulverização, coleta e ingestão de alimento contaminado e contato com resíduos de produtos nas plantas (COSTA et al., 2014; SILVA et al., 2015; CHAM et al., 2017; HEARD et al., 2017). Independente da forma de exposição aos inseticidas, as abelhas podem sofrer efeitos letais e subletais que podem interferir nas suas capacidades motoras e, assim, ocasionar prejuízos nas atividades da colmeia, podendo colocar em risco a sobrevivência das abelhas em campo (SIMOM-DELSO et al., 2015).

Durante o cultivo do meloeiro, diversos inseticidas são utilizados para o controle de pragas, como é o caso do neonicotinóide Tiacloprido. O referido inseticida é registrado para o controle de mosca branca (*Bemisia tabaci* Gennadius biótipo B) e pulgão (*Aphis gossypii* Glover) na cultura do meloeiro (AGROFIT, 2023). Entretanto, são escassas as informações relacionadas aos efeitos do Tiacloprido sobre *A.*

mellifera, principalmente após exposição aos resíduos nas plantas. Suh et al. (2020), em um estudo sobre o efeito residual do Tiacloprido em *A. mellifera*, após a pulverização por aeronaves em florestas de pinheiros, não observaram mortalidade e comportamentos anormais nas abelhas.

Para o modo de exposição dieta contaminada existem mais informações sobre os efeitos de Tiacloprido sobre abelhas. Brandt et al. (2017) avaliando o efeito do Tiacloprido via ingestão sobre abelhas rainhas de *A. mellifera*, observaram que o inseticida reduziu a densidade de hemócitos, bem como os aspectos funcionais da imunidade das rainhas. Jacob (2019) avaliando o efeito do Tiacloprido via ingestão sobre *A. mellifera*, também concluiu que o inseticida foi pouco tóxico, porém afetou a atividade de locomoção das abelhas, atrasando na sua atividade de forrageamento.

Diante da falta de informações sobre o efeito residual do Tiacloprido sobre *A. mellifera*, especialmente em relação ao tempo de contato após uma pulverização, torna-se imprescindível a realização de pesquisas com o tema visando assegurar os serviços de polinização para garantir a manutenção da biodiversidade e produção de alimentos (KLEIN et al., 2020). Portanto, objetivou-se avaliar o efeito residual do Tiacloprido em folhas de meloeiro sobre *A. mellifera* em diferentes tempos após a pulverização.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E ECOLÓGICA DA ABELHA *Apis mellifera*

Cerca de 20.000 espécies de abelhas são conhecidas no mundo (FAO, 2018; ITIS, 2018), destacando-se a espécie *A. mellifera* (KLEIN et al., 2007). A abelha *A. mellifera* fornece não apenas produtos apícolas de imenso valor, mas também presta um serviço gratuito inestimável como polinização cruzada e propagação de várias espécies cultivadas e silvestres, mantendo assim a diversidade biológica (TONG et al., 2018).

Dentre as várias espécies cultivadas, destacam-se as culturas das quais as *A. mellifera* são responsáveis pela sua polinização, como por exemplo em meloeiro (SOUSA et al., 2014), milho (SOARES et al., 2020), café (MALERBO-SOUZA & HAKAK, 2012), tomate (NUNES-SILVA et al., 2010) e laranja (SILVA et al., 2020).

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 (AIZEN & HARDER, 2009). Segundo os mesmos autores, a demanda mundial por polinização tem aumentado além da oferta de polinizadores, indicando que a falta destes pode limitar a produção agrícola futuramente, ocasionando sérios prejuízos econômicos e ainda causar declínio paralelo de muitas espécies vegetais. Em 2018, o valor econômico chegou em R\$43 bilhões anuais no valor do serviço ecossistêmicos de polinizadores para a produção alimentícias (BPBES/REBIPP, 2019). Segundo Breeze et al. (2011), os ganhos econômicos por polinização de *A. mellifera* geraram um total de US\$ 14,6 bilhões nos Estados Unidos em 2005, no Reino Unido, estimou-se o ganho anual de 400 milhões nesse mesmo ano.

Por este fato, esses agentes polinizadores são de extrema importância para os serviços ecossistêmicos regulatório, de provisão e cultural, havendo uma interação ecológica onde os seres humanos se beneficiam, incluindo a manutenção do planeta que sustentam a biodiversidade, fornecendo diversidades de frutos, sementes, mel, entre outros (COSTANZA et al., 2017).

2.2. TOXICIDADE DOS NEONICOTINOIDES SOBRE *Apis mellifera*

O declínio de abelhas é um problema atual que afeta a agricultura em grandes proporções, especialmente considerando que é crescente a demanda de polinização por insetos para diversas culturas. Dentre as principais causas apontadas para o declínio de polinizadores está o uso de pesticidas nas lavouras, que são encontrados em elevadas concentrações no mel e nas colônias das abelhas (PETTIS et al., 2013, CASTILHOS et al., 2019). Este fenômeno é conhecido como “Colony Collapse Disorder” (Desordem do Colapso das Colonias) (ROSA et al., 2019; WANG et al., 2019). A exemplo desses inseticidas, temos o neonicotinóides que vem sendo utilizados em grandes escalas mundialmente (IWASA et al., 2004).

Atualmente, os neonicotinóides mais utilizados são o Acetamiprido, Tiacloprido, Imidacloprido, Dimetoato e Tiametoxam (JACOB, 2019). A maioria dos estudos ecotoxicológicos de pesticidas e seus efeitos letais e subletais são realizados com *A. mellifera* (TOMÉ et al., 2015). Por isso, é fundamental conhecer a toxicidade de cada inseticida, para não prejudiquem as espécies não alvos (NAUEN et al., 2015; MOREIRA et al., 2012; ABBO et al., 2017).

Constatemente estudos são realizados para que se tenham conhecimentos sobre os polinizadores com relação a toxicidade dos neonicotinóide. Jacob (2019) avaliando o efeito residual do Imidacloprido sobre as abelhas *A. mellifera*, *Scaptotrigona postica*, e *Tetragonisca angustula* em condições de campo, observou que o inseticida supracitado prejudicou comprometimento na função motora com alteração, afetando significativamente o comportamento de todas as espécies e concluiu que a espécie *A. mellifera* foi a mais sensível a todos os neonicotinóides testados (Acetamiprido, Tiacloprido, Imidacloprido e Tiametoxam).

Araújo et al. (2017) também avaliando a toxicidade de inseticidas, identificaram que os neonicotinóides Tiametoxam, Imidacloprido e Acetamiprido foram altamente tóxicos para *A. mellifera* via dieta contaminada. Macedo (2016), avaliando os efeitos do Acetamiprido e do Dimetoato em *Scaptotrigona postica* Latreille, onde o Dimetoato foi altamente tóxico e o Acetamiprido levemente tóxico para *S. postica* via aplicação direta no tórax das abelhas.

Os resultados científicos integrados políticos governamentais e desenvolvimento sustentável do agronegócio, e métodos que busquem a proteção de polinizadores bem como o seu correto manejo, podem tornar mais harmoniosa a convivência entre agentes polinizadores, plantas e seres humanos, promovendo uma ajuda mutua (ROSA et al., 2019).

2.3. TOXICIDADE DE TIACLORIDO SOBRE *Apis mellifera*

O Tiacloprido é um neonicotinóide amplamente utilizado nas culturas de grande importância agrícola como Algodão, Banana, Cana-de-açúcar, Feijão, Melão e Soja (AGROFIT, 2023), utilizados para as principais pragas como *Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci* raça B (Hemíptera: Aleyrodidae), *Caliothrips bicinctus* Bagnall (Thysanoptera: Thripidae), *Empoasca kraemeri* Ross and Moore (Hemíptera: Cicadellidae), *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae), *Myzus persicae* Sulzer (Hemíptera: Aphididae). De acordo com Fent et al. (2020) o Tiacloprido vem se tornando cada vez mais nocivos para as abelhas em exposição subletais o que torna ainda mais necessária a avaliação de seus efeitos sobre *A. mellifera*.

O Tiacloprido atua seletivamente no sistema nervoso dos insetos, como agonista dos receptores nicotínicos da acetilcolina (nAChR) bloqueando-os a

passagem de impulsos nervosos, ocasionando tremores, prostração e paralisia e conseqüentemente a morte dos insetos (JONHSON, 2015). Onde em contato com as abelhas, pode ocasionar também os mesmos efeitos, colocando em risco, a sobrevivência das abelhas em campo (GOULSON et al., 2015; PISA et al., 2015)

Na literatura, vários estudos relatam o que o Tiacloprido pode causar nas abelhas. Tison et al. (2016) avaliando o comportamento das abelhas *A. mellifera* carnica em exposição crônica ao neonicotinóide Tiacloprido em concentração subletal (4,5 ng μL^{-1} de Tiacloprido) e em condições de campo, observaram os efeitos negativos do Tiacloprido no comportamento de navegação e forrageamento.

De acordo com Doublet et al. (2015) que avaliaram doses subletais (0,1 mg/kg de Tiacloprido), via ingestão, o inseticida ocasiona aumento do efeito nocivo de dois patógenos comuns à *A. mellifera*: o microsporídio *Nosema ceranae* e o vírus BQCV, onde o Tiacloprido foi prejudicial nos adultos das *N. ceranae* com a combinação de dois patógenos, e pode aumentar a mortalidade de larvas e adultos de abelhas induzidas por patógenos.

Ante o exposto, estudos que buscam entender como agem os inseticidas sobre as *A. mellifera* são de extrema importância. Segundo Pinheiro & Freitas (2010), a carência de estudos sobre os efeitos dos defensivos agrícolas concede um dos principais problemas para o manejo adequado dos produtos, com ênfase na conservação e preservação desses agentes benéficos em áreas de produção.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia, da unidade acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA), do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal, Paraíba, Brasil. Para a realização do trabalho, utilizou-se operárias adultas de *A. mellifera* procedentes de 05 colônias de madeiras do tipo Langstroth, provenientes do apiário da UAGRA/CCTA/UFCG.

O inseticida avaliado foi o Tiacloprido (nome comercial Calypso), que pertence ao grupo químico neonicotinóide. O referido inseticida foi avaliado nas doses máxima (200mL/ha) e mínima (150mL/ha) recomendada pelo fabricante para o manejo de pragas na cultura do meloeiro, tendo como referência o volume médio de aplicação

500 litros/ha. Como testemunha absoluta, foi utilizado água destilada e como testemunha positiva foi utilizado o Tiametoxam (Actara) na dose máxima 600g/ha (0,3 g i.a./L⁻¹) recomendada pelo fabricante para cultura do meloeiro (Figura 1).

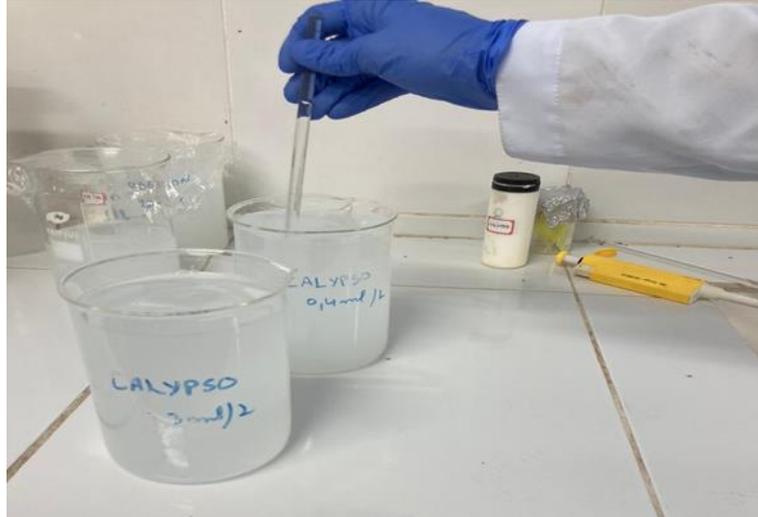


Figura 1. Preparo da calda nas doses (mínima e máxima) do inseticida Tiacloprido na proporção de 1L, Pombal-PB, 2023.

3.1. BIOENSAIO 1: TOXICIDADE RESIDUAL DE TIACLOPRIDO SOBRE

Apis mellifera

O trabalho foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial de 4x3, sendo: 4 tratamentos: 1 – Testemunha absoluta (água destilada); 2 – Tiacloprido [150 mL/ha (0,144 g i.a./L⁻¹ de Tiacloprido)]; 3 – Tiacloprido [200 mL/ha (0,192 g i.a./L⁻¹ de Tiacloprido)]; 4 – Testemunha positiva Tiametoxam [600g/ha (0,3 g i.a./L⁻¹ de Tiametoxam)], em função de 3 tempos após a pulverização dos tratamentos (1h, 2h e 3h após a pulverização), em 10 repetições, sendo cada unidade experimental formada por 10 abelhas adultas, seguindo a mesma metodologia utilizada por Costa et al. (2014).

Para realização do bioensaio, foram produzidas mudas de meloeiro amarelo cultivar Iracema (SAKATA®) em casa de vegetação do CCTA/UAGRA/UFCG. As mudas foram mantidas em vasos, com capacidade de 1kg, contendo como substrato solo e esterco bovino (proporção 2:1) e eram irrigadas duas vezes ao dia. Após as mudas atingirem no mínimo 5 folhas definitivas, foram selecionadas seis mudas para cada tempo (Figura 2).



Figura 2. Mudanças de melão (*Cucumis melo*) para análise residual do Tiacloprido sobre *Apis mellifera*, produzidas na casa de vegetação pertencente a CCTA/UFCG, Pombal-PB.

As mudas foram separadas e mantidas em um ambiente arejado e à sombra, e foram pulverizadas com os respectivos tratamentos com o auxílio de pulverizador manual, simulando uma aplicação do produto em campo, tomando cuidado para que as gotas do produto cobrissem uniformemente a superfície foliar. As mudas permaneceram por lá durante três períodos de tempo diferentes: 1 hora, 2 horas e 3 horas após a pulverização.

Após a secagem, foi realizado o corte das folhas na altura do pecíolo, sendo em seguida inseridas nas arenas (recipientes plásticos com 15 cm de diâmetro por 15 cm de altura e extremidade parcialmente coberta com tecido antiáfideo para possibilitar a adequada circulação de ar no ambiente), juntamente com um chumaço de algodão embebido em água e dieta artificial (pasta Cândi). O bioensaio foi mantido em sala climatizada a 25 ± 2 °C, $50 \pm 10\%$ UR. Após esse procedimento, as operárias adultas de *A. mellifera* foram liberadas nas arenas para o contato com os resíduos dos produtos. Para facilitar a manipulação das abelhas até as arenas, as abelhas foram anteriormente anestesiadas com o frio, (± 4 °C durante aproximadamente 90 segundos). Após a aplicação dos tratamentos foram avaliadas a mortalidade e o comportamento (prostração, tremores, paralisia, etc.) das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 e 48 após o início da exposição aos resíduos do produto. As abelhas foram consideradas mortas quando não respondessem a estímulos mecânicos como toques

no corpo em cada horário de avaliação (COSTA et al., 2014; ARAÚJO et al., 2017), (Figura 3).



Figura 3. Exposição das abelhas nas arenas sob efeito residual após 1h, 2h e 3h de pulverização.

3.2. BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE VOO DA ABELHA *Apis mellifera* APÓS A EXPOSIÇÃO RESIDUAL AO INSETICIDA TIACLOPRIDO

A capacidade de voo foi avaliada em todas as abelhas que sobreviveram após as 48h de exposição aos resíduos do inseticida Tiacloprido, seguindo a mesma metodologia utilizada por Gomes et al. (2020).

A avaliação de voo foi realizada em torres de voo. A torre de voo foi constituída de uma estrutura de madeira (35cm X 35cm X 115cm) com laterais revestidas em plástico e uma lâmpada fluorescente no topo da torre, já que estes insetos são fototrópicos positivos, permitindo que as abelhas voem livremente (Figura 4).

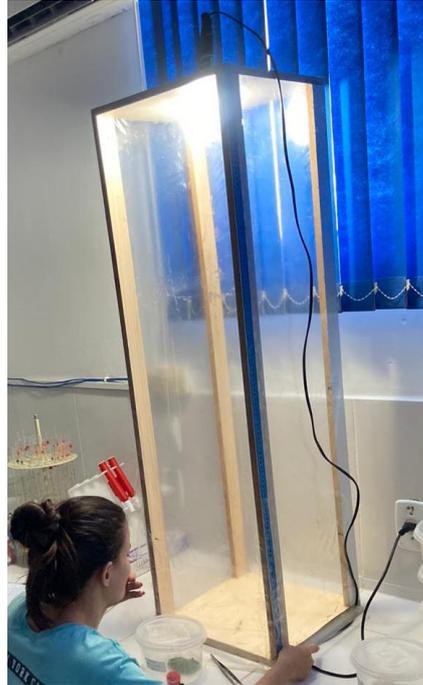


Figura 4. Torre de voo para análise da capacidade de voo das abelhas sobreviventes ao resíduo do Tiacloprido nas folhas do meloeiro.

Durante esta etapa, o experimento foi conduzido no laboratório escuro, onde a única fonte de luz foi a lâmpada instalada no topo da torre de voo para que as abelhas voassem em direção a luz. As abelhas que sobreviveram foram liberadas uma a uma por tempo de um minuto para a realização do voo. A torre apresenta cinco níveis de altura: 1 (base da torre), 2 (de 1 cm a 30 cm de altura), 3 (de 31 cm a 60 cm de altura), 4 (de 61 a 90 cm de altura) e 5 (de 91 a 115 cm, topo da torre). Para a realização das análises foram registradas as abelhas que conseguiram voar ou não.

3.3. ANÁLISE DE DADOS

A porcentagem de mortalidade foi calculada para cada tratamento e corrigida usando a equação de Abbott (1925), sendo em seguida aplicada uma análise de variância com permutação (PERMANOVA) (ANDERSON, 2001), a nível de 5% de significância, seguido do teste de Wilcoxon. Os dados de sobrevivência dos adultos foram analisados utilizando-se o pacote Survival (THERNEAU & LUMLEY, 2010) do software R e submetidos à análise de distribuição de Weibull.

Tratamentos com efeitos similares (toxicidade e velocidade de mortalidade) foram agrupados por meio de contrastes. O tempo letal mediano (TL₅₀) também foi calculado para cada grupo. Para a capacidade de voo, foi aplicado o teste Permanova

a nível de 5% de significância, seguido do teste de Wilcoxon. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2022).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. TOXICIDADE RESIDUAL DE TIACLOPRIDO SOBRE *Apis mellifera*

Observou-se que as doses avaliadas do inseticida Tiacloprido foram significativamente diferentes das testemunhas absolutas e positivas. Na dose mínima (0,144g i.a./L), independente do tempo de exposição após a pulverização (1h, 2h e 3h), não houve diferença significativa nos percentuais de mortalidade sendo observado 54%, 57%, e 44% de morte de *A. mellifera* para 1h, 2h e 3h após a pulverização respectivamente (Figura 5).

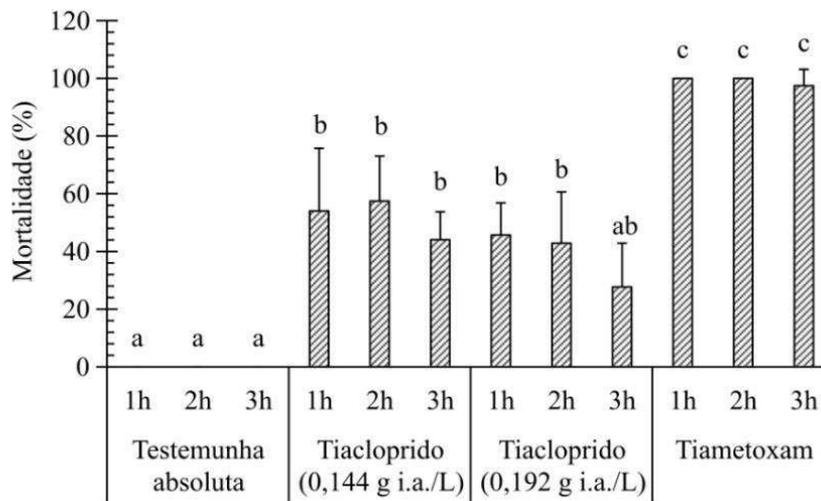


Figura 5. Mortalidade (%) de *Apis mellifera* após exposição residual ao Tiametoxam e Tiacloprido na dose máxima e mínima, Pombal/PB, 2023.

Na dose máxima (0,192 g i.a./L) não houve diferença entre os tempos de 1h e 2h após a pulverização, com mortalidade de 45% e 42%, respectivamente. O menor percentual de mortalidade, 27,0%, foi observado após 3h de pulverização. O Tiacloprido foi menos letal que a testemunha positiva, que provocou a morte de 100% das abelhas, independente do tempo após a pulverização.

Na literatura ainda são escassas informações sobre o efeito residual do Tiacloprido sobre *A. mellifera*, havendo apenas o trabalho de Suh et al. (2020), no qual foram avaliadas a mortalidade e comportamento de *A. mellifera* em uma floresta de pinheiro, que recebiam pulverizações com Tiacloprido uma vez ao mês. Os referidos

autores observaram que não houve mortalidade significativa e nem alterações no comportamento das abelhas *A. mellifera*, concluindo assim, que o Tiacloprido pode ser usado sem causar efeito negativo sobre as abelhas.

Em outros modos de exposição existem mais informações sobre os efeitos do Tiacloprido na abelha *A. mellifera*. Brandt et al. (2017) avaliando o efeito do Tiacloprido (0,0002 g/L) sobre abelhas rainhas de *A. mellifera* por meio de dieta contaminada com o inseticida, demonstrou-se que o Tiacloprido reduziu a densidade de hemócitos, bem como os aspectos funcionais da imunidade das rainhas. Jacob (2019) avaliando o efeito do Tiacloprido via ingestão em operárias de *A. mellifera*, concluiu que o inseticida foi pouco tóxico para *A. mellifera*, porém prejudicou sua atividade de locomoção, interferindo na distância percorrida por elas.

Com relação ao comportamento, foi observado maior agitação das abelhas expostas aos resíduos do Tiacloprido em comparação com as abelhas da testemunha absoluta. Além disso, algumas abelhas raspavam as folhas do meloeiro, comportamento não observado nas folhas pulverizadas somente com água destilada. Segundo Pashalidou et al. (2020) as abelhas raspam as folhas para acelerar o processo de florescimento quando não há recursos em campo, já que elas precisam do pólen fornecidos pelas flores para sua sobrevivência. Provavelmente o estresse proporcionado pelo confinamento e contato com o inseticida nas folhas, estimulou esse comportamento nas abelhas.

Na análise de sobrevivência, o inseticida Tiacloprido apresentou tempo letal mediano (TL₅₀) inferior a testemunha absoluta e superior ao inseticida Tiametoxam, independente do tempo de exposição após a pulverização. Na dose mínima (0,144g i.a./L) independente do tempo de exposição em 1h, 2h e 3h, foi observado TL₅₀ de 38,36 horas, igualmente para a dose máxima (0,192 g i.a./L) após 1h e 2h de pulverização.

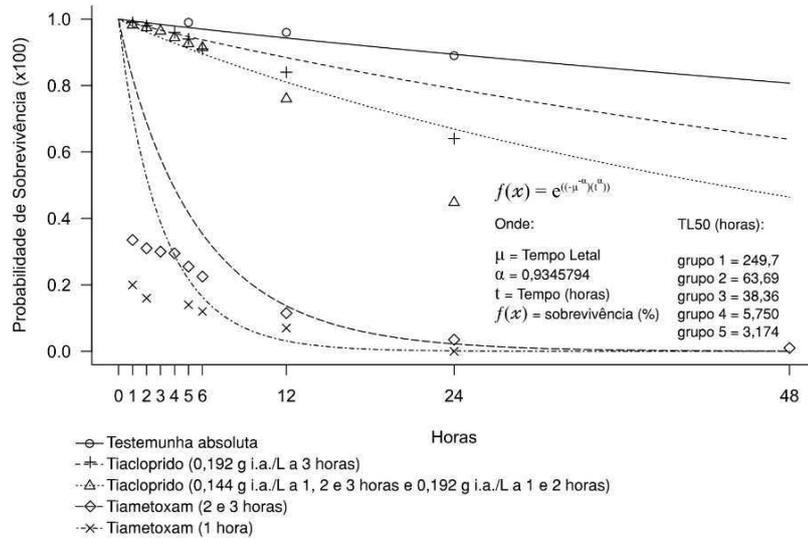


Figura 6. Sobrevivência (%) de operarias de *Apis mellifera* após o contato com folhas de meloeiro (*C. melo* L.) pulverizadas com o Tiacloprido, tempos letais medianos (TL50), Pombal- PB, 2022.

Na a dose máxima (0,192 g i.a./L) e no tempo de exposição de 3h após a pulverização, observou-se TL₅₀ de 63,69 horas, apresentando a menor velocidade na taxa de mortalidade dentre os tratamentos com Tiacloprido. A testemunha positiva apresentou TL₅₀ de 3,17 horas com 1h e TL₅₀ de 5,75 horas para 2h e 3h após a pulverização (Figura 6).

A menor mortalidade e velocidade de mortalidade em função do tempo proporcionada pelo Tiacloprido em relação ao Tiametoxam, ambos neonicotinóides, pode ser explicada pelo fato do Tiacloprido ser do grupo dos Cianoamidas, considerado os menos tóxicos dentro dos neonicotinóides, o que difere do Tiametoxam, que é associado ao grupo nitro contendo a molécula N- nitroguanidina fazendo com que seja 162 vezes mais tóxica para as abelhas (IWASA et al., 2004).

O nível de toxicidade de um ingrediente ativo está relacionado ao seu tempo de metabolização, e o Tiacloprido é metabolizado mais rapidamente quando comparado com outros neonicotinóides (Acetamiprido, Tiametoxam, Dimetoato e Imidacloprido) (ALPTEKIN et al., 2016).

4.2. CAPACIDADE DE VOO DA ABELHA *Apis mellifera* APÓS A EXPOSIÇÃO RESIDUAL AO INSETICIDA TIACLOPRIDO

A análise de capacidade de voo foi realizada somente com as abelhas das testemunhas absolutas (Água destilada) e as expostas aos resíduos do Tiacloprido nas duas doses após as 48h, tendo em vista que as testemunhas positivas não sobreviveram. As abelhas da testemunha absoluta obtiveram bons resultados em sua capacidade de voo, visto que 62,5% voaram, e mesmo as que ficaram na base da torre não apresentaram distúrbios motores aparentes. A capacidade de voo das abelhas expostas as doses mínima (0,144 g i.a./L) e máxima (0,192 g i.a./L) do Tiacloprido, em todos os tempos avaliados (1h, 2h, 3h), diferiu estatisticamente da testemunha absoluta (Figura 7).

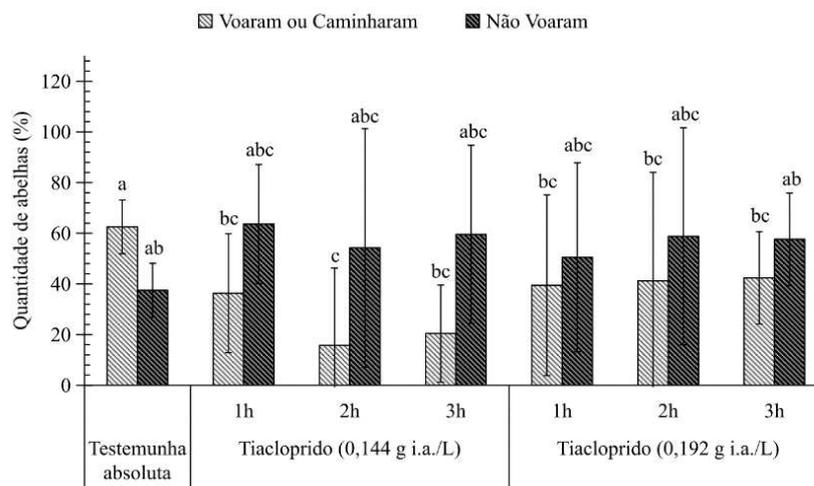


Figura 7. Capacidade de voo de *Apis mellifera* após exposição residual ao Tiacloprido, Pombal- PB, 2023. Os valores do percentual de abelhas que voaram (Coluna cinza) e não voaram (Coluna preta), foram comparados separadamente. Letras diferentes representam diferença significativa conforme o teste de Wilcoxon a 5% de significância.

Salienta-se que mesmo diferindo significativamente da testemunha absoluta, algumas abelhas expostas ao Tiacloprido mantiveram sua capacidade de voo após o contato com resíduos do inseticida. Na dose mínima, 36,3%, 15,7% e 20,4% das abelhas conseguiram voar nos tempos de exposição em 1h, 2h e 3h após a pulverização. Na dose máxima, nos tempos de 1h, 2h e 3h após a pulverização, houve percentuais de abelhas que voaram em 39,4%, 41,2% e 42,3%, respectivamente.

Segundo Tison et al. (2016), o Tiacloprido pode afetar também a atividade de voo em campo, atrasando o tempo de locomoção das abelhas em minutos, afetando a velocidade, a distância percorrida, a duração e a frequência do repouso e a

movilidade contínua, e conseqüentemente, a coleta de alimentos e retorno a colmeia. Fisher et al. (2014), em avaliação de campo constataram que o Tiacloprido, via oral, não prejudicou o desempenho do voo de *A. mellifera*, entretanto diminuiu a velocidade de voo no forrageamento.

Estes são os primeiros resultados com as doses mínima e máxima do inseticida Tiacloprido registrado para o manejo de pragas no Brasil por exposição residual em folhas de meloeiro. Ademais, esse trabalho irá colaborar com pesquisas futuras, para o avanço de um manejo adequado e sustentável, afim de diminuir o desaparecimento e declínio de agentes polinizadores. Vale ressaltar que a aplicação deste produto deve ser evitada em horários de forrageamento desses insetos, dando preferência ao período do entardecer ou a noite.

5. CONCLUSÕES

O Tiacloprido nas doses mínima e máxima recomendada para uso em meloeiro, foi moderadamente tóxico para as operarias adultas de *A. mellifera* após o contato com resíduo do produto nas folhas, independente dos tempos avaliados após a pulverização.

O Tiacloprido interferiu na capacidade de voo de *A. mellifera* em condições de laboratório.

6. REFERÊNCIAS

- 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*. **Insect Science**, v. 24, n. 3, p. 467-477, 2017.
- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.
- AGROFIT. Ministério da Agricultura e pecuária. Disponível em:< https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 01 jun. 2023.
- AIZEN, M. A.; HARDER, L. D. The global stock of domesticated honeybees is growing slower than agricultural demand for pollination. **Current Biology**, v.19, n. 11, p. 915-918, 2009.
- ALPTEKIN, S.; BASS, C; NICHOLLS, C.; PAINE, M. J. I.; CLARK, S. J.; Field, L.; MOORES, G. D. Induced thiacloprid insensitivity in honeybees (*Apis mellifera* L.) is associated with up-regulation of detoxification genes. **Insect Molecular Biology**, v. 25, n. 2, p. 171-180, 2016.

ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, p. 32-46, 2001.

ARAUJO, W. L.; GODOY, M. S.; MARACAJA, 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.

BPBES/REBIPP. Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. Marina Wolowski; Kayna Agostini; André Rodrigo Rech; Isabela Galarda Varassin; Márcia Maués; Leandro Freitas; Liedson Tavares Carneiro; Raquel de Oliveira Bueno; Hélder Consolaro; Luisa Carvalheiro; Antônio Mauro Saraiva; Cláudia Inês da Silva. Maíra C. G. Padgurschi (Org.). 1ª edição, São Carlos, SP: Editora Cubo, p. 184. 2019.

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

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.

BRANDT, A.; HOHNHEISER, B.; SGOLASTRA, F.; BOSCH, J.; MEIXNER, M. D.; BÜCHLER, R. Immunosuppression in Honeybee Queens by the Neonicotinoids Thiacloprid and Clothianidin. **Scientific Reports**, v. 7, n. 4673, p. 1-12 2017.

CASTILHOS, D.; BERGAMO, G. C.; GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES L. S. Bee colony losses in Brazil: a 5-year online survey. **Apidologie**, v. 50, n. 3, p. 263-272, 2019.

CHAM, K. O.; REBELO, R. M.; OLIVEIRA, R. P.; FERRO, A. A.; VIANASILVA, F. E. C.; BORGES, L.O.; SARETTO, C. O. S. D.; TONELLI, C. A. M.; MACEDO, T. C. **Manual de avaliação de risco ambiental de agrotóxicos para abelhas**. Brasília: Ibama/Diqua. 2017. 105p

COSTANZA, R.; GROOT, R. D.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1-16, 2017.

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.

DOUBLET, V.; LABARUSSIAS, M.; MIRANDA, J. R. D.; MORITZ, R.F.A.; PAXTON, R.J. Bees under stress: sublethal doses of a neonicotinoid pesticide and pathogens interact to elevate honey bee mortality across the life cycle. **Environmental Microbiology**, v. 17, n. 4, p. 969-983, 2015.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Why bees matter: The importance of bees and other pollinators for food and agriculture**, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/l9527EN/i9527en.PDF>>. Acesso em: 10/04/2023.

- FENT, K.; SCHMID, M.; HETTICH, T.; SCHMID, S. The neonicotinoid thiacloprid causes transcriptional alteration of genes associated with mitochondria at environmental concentrations in honey bees. **Environmental Pollution**, v. 266, n. 1, 2020.
- FISCHER, J.; MÜLLER, T.; SPATZ, A-K.; GREGGERS, U.; GRÜNEWALD, B.; MENZEL, R. Neonicotinoids Interfere with Specific Components of Navigation in Honeybees. **Plos One**, v. 9, n. 3, p. 1-10, 2014.
- GODFRAY, H. C. J.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J. F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S. M.; TOULMIN, C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.
- GOULSON, D.; NICHOLLS, E.; BOTÍAS, C.; ROTHERAY, E. L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers, *Science*, v. 347, n. 6229, 2015.
- GOMES, I.N; CASTELAN VIEIRA K. I.; 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. 1-11, 2020.
- HEARD, M. S.; BAAS, J.; DORNE, J-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. 1, v. 578, p. 357–365, 2017.
- INTERAGENCY TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM -ITIS, 2018. **Catalogue of life: 2018 annual checklist**. Disponível em: <<http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2018/details/database/id/67>>. Acesso em: 20 março 2023.
- IWASA, T.; MOTOYAMA, N.; AMBROSE, J. T.; ROE, M. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. **Crop Protection**, v. 23, n. 5, p. 371-378, 2004.
- JACOB, C. R. O. **Impacto de inseticidas neonicotinóides em abelhas africanizadas e nativas sem ferrão (Hymenoptera: Apidae): toxicidade, alterações na atividade de locomoção e riqueza de espécies em pomares de citrus**. 2019. 83p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2019.
- JOHNSON, R. M. Honey bee toxicology, **PubMed**, v. 7, n. 60, p. 415-34, 2015.
- KIILL, L.H. P.; RIBEIRO, M. D. F.; DE SIQUEIRA, K. M. M., SILVA, E. Polinização do meloeiro: biologia reprodutiva e manejo de polinizadores. **Embrapa Semiárido-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2015.
- KLEIN, A-M.; VAISSIERE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

- KLEIN, A-M.; FREITAS, B. M.; BOMFIM, G. A.; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; OLIVEIRA, M. O. A. **Polinização Agrícola por Insetos no Brasil**. Maranguape: Unifreiburg. 2020. 162p.
- 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.
- MACEDO, R. C. Toxicidade do Acetamiprido e dimetoato para abelha *Scaptotrigona postica* Latreille, 1804. 2016. 59p. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Uberlândia, 2016.
- MACIEL, F. A. O.; BRAGA, A. R.; SILVA, T. L. C.; FREITAS, B. M.; GOMES, D. G. Reconhecimento de padrões sazonais em colônias de abelhas *Apis mellifera* via clusterização. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 10, n. 3, p. 74-88, 2018.
- MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Agentes Polinizadores e Produção de Grãos em Cultura de Café Arábica cv. "Catuaí Vermelho". **Científica**, Jaboticabal, SP, v. 40, n. 1, p. 1-11, 2012.
- MOREIRA, M. F.; MANSUR, J. F.; MANSUR, J. F. Resistência e Inseticidas: Estratégias, Desafios e Perspectivas no Controle de Insetos. In: SILVA-NETO, M. A. C.; WINTER, C.; TERMIGNONI, C (Org.). **Tópicos Avançados em Entomologia Molecular**. Rio de Janeiro: INCTEM, 2012. P. 1-23.
- NAUEN, R.; JESCHKE, P.; VELTEN, R.; BECK, M. E.; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; THIELERT, W.; WÖLFEL, K.; HAAS, M.; KUNZ, K.; RAUPACH, G. Flupyradifurone: a 19 brief profile of a new butenolide insecticide. **Pest Management Science**, v. 71, n. 6, p. 850-862, 2015.
- NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A polinização por vibração. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 140-151, 2010.
- ORSI, R. O.; LUNARDI, J. S.; ZALUSKI, R. Evaluation of Motor Changes and Toxicity of Insecticides Fipronil and Imidacloprid in Africanized Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, São Paulo, v. 64, n. 1, p. 50-56, 2017.
- PASHALIDOU, F. G.; LAMBERT, H.; PEYBERNES, T.; MESCHER, M. C.; MORAES, C. M. Bumble bees damage plant leaves and accelerate flower production when pollen is scarce, **Science**, v. 368, n. 6493, p. 881-884, 2020.
- PETTIS, J. S.; LICHTENBERG, E. M.; ANDRÉ, M.; STITZINGER, J.; ROSA, R.; ENGELSDORP, D. V. Crop Pollination Exposes Honey Bees to Pesticides Which Alters Their Susceptibility to the Gut Pathogen *Nosema ceranae*. **Plos One**, v. 8, n. 7, p. 1-9, 2013.
- PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.
- PISA, L.; AMARAL-ROGERS, V.; BELZUNCES, L. P.; BONMATIN, J. M.; DOWNS, C. A.; GOULSON, D.; KREUTZWEISER, D. P.; KRUPKE, C.; LIESS, M.; MCFIELD, M.; MORRISSEY, C. A.; NOOME, D. A.; SETTELE, J.; SIMON-DELISO, N.; STARK, J. D.; SLUIJS, V.D.; DYCK, J. P. H. V.; WIEMERS, M. Effects of neonicotinoids and fipronil

on non-target invertebrates, **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 68-102, 2015.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: **The R Project for Statistical Computing**, 2022. Disponível em: <<https://www.r-project.org>>. Acesso em 24 fev. 2023.

ROSA, J. M.; 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**, v. 18, n. 1, p. 154-162, 2019.

SILVA, E. L. P.; SANTOS, E.; TONETTI, E. L. Interação planta-polinizador em praças públicas da cidade de Morretes (Paraná). **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 2, n. 3, p. 21-42, 2020.

SILVA, I. P.; OLIVEIRA, F. A. S.; PEDROZA, H. P.; GADELHA, I. C. N.; MELO, M. M.; SOTO-BLANCO, B. Pesticide exposure of honey bees (*Apis mellifera*) pollinating melon crops. **Apidologie**, v. 46, p. 703–715, 2015.

SIMON-DELISO, N.; AMARAL-ROGERS, V.; BELZUNCES, L. P.; BONMATIN, J-M.; CHAGNON, M.; DOWNS, C.; FURLAN, L.; GIBBONS, D. W.; GIORIO, C.; GIROLAMI, V.; GOULSON, D.; KREUTZWEISER, D. P.; KRUPKE, C. H.; LIESS, M.; LONG, E.; MCFIELD, M.; MINEAU, P.; MITCHELL, E. A.; MORRISSEY, C. A.; NOOME, D. A.; PISA, L.; SETTELE, J.; STARK, J. D.; TAPPARO, A.; VAN DYCK, H.; VAN PRAAGH, J.; VAN DER SLUIJS, J. P.; WHITEHORN, P. R.; WIEMERS, M. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 1, p. 5-34. 2015.

SOARES, M.; GOMES, J. V. L.; SANTOS, E. M. D.; BITTENCOURT, M. N.; LEAL, M. D.; RIBEIRO, G. Desempenho de milho com diferentes níveis tecnológicos. In: **Anais do 11º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 11, 2020.

SOUSA, R. M.; AGUIAR, O. S.; FREITAS, B.M.; MARACAJÁ, P. B.; AZEVEDO, A. E. C. Período de Introdução de Abelhas Africanizadas (*Apis mellifera* L.) para Polinização de Melão Amarelo (*Cucumis melo* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n. 4, p. 01-04, 2014.

SOUSA, R. M.; CUNHA, M. B.; RIBEIRO, D. C. F.; SILVA, N. C. B.; RIBEIRO, F. M. Polinização do Meloeiro (*Cucumis Melo*). **Nutri Time**, v. 13, n. 5, p. 4815-4818. 2016.

SOUZA, D. L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; PINTO, M. S. C. The bees agents pollinizer's. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**. v. 8, n. 3, p. 1-8. 2007.

SUH, D. Y.; JUNG, J-K.; LEE, S. K.; SEO, S-T. Effect of aerial spraying of thiacloprid on pine sawyer beetles (*Monochamus alternatus*) and honey bees (*Apis mellifera*) in pine forests. **Entomological Research**, v. 51, n. 2, p. 83-89, 2020.

THERNEAU, T.; LUMLEY, T. **Survival: Survival analysis, including penalised likelihood**. Rpackageversion2.362, 2010. Disponível em: <<http://CRAN.Rproject.org/package=Survival>>. Acesso em: 17 mai. 2023.

TISON, L.; HAHN, M-L.; HOLTZ, S.; RÖßNER, A.; GREGGERS, U.; BISCHOFF, G.; MENZEL, R. Honey bees' behavior is impaired by chronic exposure to the neonicotinoid thiacloprid in the field. **Environmental Science & Technology**, v. 50, n.13 p. 7218–7227, 2016.

TOMÉ, H.V.V.; BARBOSA, W.F.; CORRÊA, A.S.; GONTIJO, L.M.; MARTINS, G.F.; GUEDES, R.N.C. Reduced-risk insecticides in Neotropical stingless bee species: impact on survival and activity, **Annals of Applied Biology**, v. 167, n. 2, p. 186-196, 2015.

TONG, Z.; DUAN, J.; WU, Y.; LIU, Q.; HE, Q.; SHI, Y.; YU, I.; CAO, H. A survey of multiple pesticide residues in pollen and beebread collected in china. **Science of the Total Environment**, v. 640-641, p. 1578-1586, 2018.

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.