



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE ABELHAS SEM FERRÃO**

**Whalamys Lourenço de Araújo**

**AREIA – PB**

**2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



**TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE ABELHAS SEM FERRÃO**

**WHALAMYS LOURENÇO DE ARAÚJO**

Sob a Orientação do Professor

**Jacinto de Luna Batista**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Doutor em Agronomia”. Área de concentração: Proteção de Plantas – Entomologia.

**AREIA – PB**

**2019**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

**A663t**    **Araújo, Whalamys Lourenço de.**

**Toxicidade de inseticidas sobre abelhas sem ferrão /**  
**Whalamys Lourenço de Araújo. - Areia, 2019.**  
**73 f. : il.**

**Orientação: Jacinto de Luna Batista.**  
**Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.**

**1. *Melipona subnitida*. 2. *Melipona scutellaris*. 3. *Nannotrigona***  
***testaceicornis*. 4. Inseticidas. 5. Polinizadores. I. Batista, Jacinto de**  
**Luna. II. Título.**

**UFPB/CCA-AREIA**

# TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE ABELHAS SEM FERRÃO

## CERTIFICAÇÃO DE APROVAÇÃO

Tese aprovada pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de "Doutor em Agronomia", Área de concentração: Proteção de Plantas – Entomologia, pela comissão Examinadora.

Data de aprovação: 12/04/2019



---

Orientador Prof. Dr. Jacinto de Luna Batista  
CCA – UFPB



---

Prof.ª Dra Rosilene Agra da Silva  
CCTA – UFCG



---

Prof. Dr. Patrício Borges Maracajá  
CCJS – UFCG



---

Prof.ª Dra Nivania Pereira da Costa Menezes  
CCHSA – UFPB



---

Prof.ª Dra Maria José Araújo Wanderley  
CCHSA – UFPB

*“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos!”*

Paulo Beleki

*Aos meus pais, **João Batista e Maria do Rosário Lourenço**,  
que me ensinaram a sonhar, deram-me asas para voar e  
conquistar tudo que tenho e sou em minha vida; pois, ao me  
cobrir com muito amor, carinho e preocupação,  
prepararam-me incansavelmente, para que eu pudesse  
ir longe, e assim alcançar os meus objetivos.  
Nenhuma lição será tão valiosa quanto a que  
eles me ensinaram, a de ser um homem de honra,  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Ao criador, pela vida, pelo dom da pesquisa, pelas conquistas, pelo meu ser, até aqui me ajudou o Senhor nosso Deus.

A Universidade Federal da Paraíba, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao Professor Dr. Jacinto de Luna Batista, pela orientação e valiosos ensinamentos, pela oportunidade a mim dada, pela confiança, pelo respeito, pelo carinho, pela amizade, por ser essa pessoa incrível, que cuida dos seus de forma a ajuda-los a encontrar seus caminhos.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia, por toda contribuição para o meu aprendizado e formação e crescimento profissional.

À Banca examinadora, pela valiosíssima colaboração para o aprimoramento desse trabalho.

Aos meus colegas de laboratório, Robério de Oliveira, Isabela Nunes, Mileny Souza, Gemerson Oliveira, Wennia Figueiredo, Renata Leandro e Paulo Cartaxo, pelo companheirismo, conversas, boas risadas, momentos de descontração; muito bom ter conhecido e convivido com vocês.

Aos meus queridos amigos, Mary Anne Carvalho, Ygor Rafael, Raquel Pinheiro, Milena Lima, que Areia me deu, pelo apoio moral, pela amizade, por estarem presentes na minha vida, e por me fazerem acreditar que ainda existem boas pessoas neste mundo.

Aos meus queridos amigos “Sílvia Miranda” e Joviano Aquino, pelo apoio, por toda força que me deram, por estarem sempre à disposição, por serem meus amigos.

Ao técnico de Laboratório de Entomologia Severino João, nosso “Nino”, pelo apoio, pela amizade, pelo respeito, pela colaboração de todos os dias.

Aos meliponicultores que disponibilizaram as espécies de abelhas utilizadas neste trabalho.

Finalmente, aos meus familiares e demais amigos que, de alguma forma ou de outra, colaboraram, seja com uma palavra amiga, com um conselho, puxão de orelha, estímulo, que sorriram ou choraram junto a mim, nesta longa caminhada.

A todos vocês, minha sincera gratidão.

## SUMÁRIO

	pág.
<b>RESUMO GERAL</b> .....	x
<b>GENERAL SUMMARY</b> .....	xii
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	14
<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
Importância ambiental, social e econômica das abelhas sem ferrão .....	16
Inseticidas neonicotinoides, organofosforado, piretroides e <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	17
Efeitos de inseticidas sobre abelhas.....	20
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	23
<b>CAPÍTULO I. Toxicidade de inseticidas sobre abelhas sem ferrão de importância econômica <i>Melipona subnitida</i> e <i>Melipona scutellaris</i></b> .....	31
Resumo .....	32
Abstract .....	33
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	34
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	36
Local dos experimentos .....	36
Obtenção e seleção dos insetos para experimentação .....	36
Preparo dos experimentos e Delineamento experimental .....	36
<b>RESULTADOS</b> .....	38
Toxicidade de inseticidas aplicados topicamente sobre <i>M. subnitida</i> .....	38
Toxicidade de inseticidas aplicados topicamente sobre <i>M. scutellaris</i> .....	40
<b>DISCUSSÃO</b> .....	43
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	48

<b>CAPÍTULO II: Toxicidade de inseticidas sobre abelha sem ferrão de importância ambiental <i>Nannotrigona testaceicornis</i></b>	<b>54</b>
Resumo .....	55
Abstract .....	57
INTRODUÇÃO.....	58
MATERIAL E MÉTODOS.....	60
Local dos experimentos .....	60
Obtenção dos insetos para experimentação .....	60
Preparo dos Ensaios e Delineamento Experimental.....	60
RESULTADOS .....	62
DISCUSSÃO .....	65
REFERÊNCIAS .....	69
CONCLUSÕES GERAIS .....	73

ARAÚJO, WHALAMYS LOURENÇO. D.S. Universidade Federal da Paraíba. 03-2019.  
**Toxicidade de inseticidas sobre abelhas sem ferrão.** Jacinto de Luna Batista.

**RESUMO GERAL:** As abelhas sem ferrão são importantes agentes de polinização e bioindicadores da qualidade ambiental; igualmente, possuem importância socioeconômica. No entanto, o uso demasiado de agrotóxicos tem colaborado com o seu desaparecimento. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do meloeiro e de citros sobre espécies de abelhas sem ferrão Jandaíra (*Melipona subnitida*), Uruçú (*Melipona scutellaris*) e Iraí (*Nannotrigona testaceicornis*). Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Os inseticidas testados foram os dos grupos Neonicotinóide [Tiametoxam (T<sub>1</sub>) e Imidacloprido (T<sub>2</sub>)], Piretroide [Deltametrina (T<sub>3</sub>) e Bifentrina (T<sub>6</sub>)], Organofosforado [Clorpirifós (T<sub>4</sub>)] e Biológico [*Bacillus thuringiensis* (T<sub>5</sub>)]. O tratamento testemunha (T<sub>0</sub>) constou de uma solução à base de água. No ensaio com a espécie Jandaíra, as dosagens utilizadas dos produtos foram as medianas recomendadas pelos fabricantes para o controle de pragas do meloeiro: T<sub>0</sub>: Água; T<sub>1</sub>: 0,4 grama do produto comercial (g p. c.); T<sub>2</sub>: 0,3 g p. c.; T<sub>3</sub>: 0,03 mililitro do produto comercial (ml p. c.); T<sub>4</sub>: 0,1 ml p. c.; T<sub>5</sub>: 0,33 ml p. c.; e T<sub>6</sub>: 0,1 ml p. c.; e com a espécie Uruçú, as recomendadas para o citros: T<sub>0</sub>: Água; T<sub>1</sub>: 0,02 g p. c.; T<sub>2</sub>: 0,01 g p. c.; T<sub>3</sub>: 0,03 ml p. c.; T<sub>4</sub>: 0,1 ml p. c.; T<sub>5</sub>: 0,33 ml p. c.; e T<sub>6</sub>: 0,02 ml p. c. Os ensaios foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com 7 tratamentos, 10 repetições contendo 10 insetos cada. As abelhas foram submetidas a aplicação tópica de 0,02 µl de calda de cada tratamento sobre o abdômen, com o auxílio de uma seringa, e posteriormente confinadas em potes plásticos (50 ml) vedados com tampas perfuradas para ventilação, mantidos em condições ambientes, aonde foi ofertado mel e água. Para os ensaios com a espécie Iraí, foram testados o inseticida neonicotinóide Tiametoxam (T<sub>1</sub>) e o organofosforado Clorpirifós (T<sub>2</sub>), nas dosagens recomendadas para o citros: T<sub>1</sub>: 0,02 g p. c e T<sub>2</sub>: 0,1 ml p. c., respectivamente. Os ensaios foram dispostos em delineamento inteiramente ao acaso, com 3 tratamentos, 10 repetições contendo 10 insetos cada, e duas formas de contaminação independentes. Aplicou-se ±20 µL de calda via nebulização diretamente sobre as abelhas em cada repetição. Para a contaminação da superfície, o mesmo conteúdo foi aplicado via nebulização nos potes plásticos sem as abelhas, que foram postos pra secar, e posteriormente receberam as abelhas. Os ensaios foram mantidos em Temperatura e Umidade Relativa ambiente, ±27° C e ±70%, respectivamente, aonde as abelhas foram alimentadas com mel e

água. Observações do comportamento, a contabilização da taxa de mortalidade foram feitas até as 96 horas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de sobrevivência, por meio do GraphPad Prism (v.5 for Mac). Foram calculadas as medianas do tempo de sobrevivência com intervalo de confiança de 95%, e diferenças significativas entre grupos, estimados usando teste de Kaplan–Meier e *LogRank* test, com nível de significância de  $p < 0,05$ . Todos os inseticidas químicos avaliados causaram alta mortalidade às abelhas sem ferrão Jandaíra (*M. subnitida*) e Uruçú (*M. scutellaris*), exceto o inseticida biológico. O inseticida neonicotinóide Tiametoxam causou alta mortalidade a abelha Iraí (*N. testaceicornis*), independente da forma de exposição, enquanto que o inseticida organofosforado Clorpirifós causou uma taxa de mortalidade mais alta quando exposto via nebulização direta sobre as abelhas.

**Palavras-chaves:** *Melipona subnitida*, *Melipona scutellaris*, *Nannotrigona testaceicornis*, Inseticidas, Polinizadores.

ARAÚJO, WHALAMYS LOURENÇO. D.S. Federal University of Paraíba. 03-2019.  
**Toxicity of insecticides on stingless bees.** Jacinto de Luna Batista.

**GENERAL SUMMARY:** Stingless bees are important pollinators and bioindicators of environmental quality; they also have socioeconomic importance. However, too much use of pesticides has contributed to their disappearance. The goal of this work is to evaluate the toxicity of insecticides used in melon trees and citrus cultivation on stingless bee species Jandaíra (*Melipona subnitida*), Uruçú (*Melipona scutellaris*) and Iraí (*Nannotrigona testaceicornis*). The tests were conducted at the Entomology Laboratory in the Center for Agricultural Sciences of the Federal University of Paraíba. The insecticides tested were the Neonicotinoid [Tiametoxam (T<sub>1</sub>) and Imidacloprido (T<sub>2</sub>)], Pyrethroid [Deltamethrin (T<sub>3</sub>) and Bifentrin (T<sub>6</sub>)], Organophosphate [Chlorpyrifos (T<sub>4</sub>)] and Biological [*Bacillus thuringiensis* (T<sub>5</sub>)] groups. The control treatment (T<sub>0</sub>) consisted of a water-based solution. In the Jandaíra test, the dosages used were the medians recommended by the manufacturers for melon trees. T<sub>0</sub>: Water; T<sub>1</sub>: 0.4 grams of the commercial product (g p. C.); T<sub>2</sub>: 0.3 g p. c.; T<sub>3</sub>: 0.03 milliliter of commercial product (ml p. C.); T<sub>4</sub>: 0.1 ml p.c.; T<sub>5</sub>: 0.33 ml p. c.; and T<sub>6</sub>: 0.1 ml p. c.; and with the Uruçú species recommended for citrus: T<sub>0</sub>: Water; T<sub>1</sub>: 0.02 g p. c.; T<sub>2</sub>: 0.01 g p. c.; T<sub>3</sub>: 0.03 ml p. c.; T<sub>4</sub>: 0.1 ml p.c.; T<sub>5</sub>: 0.33 ml p. c.; and T<sub>6</sub>: 0.02 ml p.c. The trials were arranged in a completely randomized design with 7 treatments, 10 replications containing 10 insects each. The bees were subjected to the topical application of 0.02 µl syrup of each treatment on the abdomen, with the aid of a syringe, and then confined in plastic pots (50 ml) sealed with perforated ventilation lids, kept under ambient conditions where honey and water were offered. For the trials with Iraí species, the neonicotinoid insecticide Tiametoxam (T<sub>1</sub>) and the organophosphate Clorpirifós (T<sub>2</sub>) were tested at the recommended dosages for citrus: T<sub>1</sub>: 0.02 g p. c and T<sub>2</sub>: 0.1 ml p. c., respectively. The experiments were arranged in a completely randomized design with 3 treatments, 10 replications containing 10 insects each, and two independent forms of contamination. ± 20 µL of spray mist was applied directly to the bees on each repetition. For surface contamination, the same content was applied via nebulization to plastic pots without the bees, which were put to dry, and later received the bees. The assays were kept at ambient Temperature and Relative Humidity, ± 27 ° C and ± 70%, respectively, where the bees were fed with honey and water. Behavioral observations, mortality rate accounting were done up to 96 hours. The data were submitted to survival analysis using GraphPad Prism (v.5 for Mac). Median survival time with a 95% confidence interval and

significant differences between groups were calculated using Kaplan – Meier and *LogRank* test, with a significance level of  $p < 0.05$ . All chemical insecticides evaluated caused high mortality to stingless bees Jandaíra (*M. subnitida*) and Uruçú (*M. scutellaris*), except the biological insecticide. The neonicotinoid insecticide Tiametoxam caused high mortality to Iraí bee (*N. testaceicornis*), regardless of the form of exposure, while the organophosphate insecticide Clorpirifós caused a higher mortality rate when exposed via direct misting of the bees.

**Keywords:** *Melipona subnitida*, *Melipona scutellaris*, *Nannotrigona testaceicornis*, Insecticides, Pollinators.

## INTRODUÇÃO GERAL

As abelhas sociais nativas, também conhecidas como “abelhas indígenas sem ferrão”, ou meliponínios, são insetos que possuem uma ampla distribuição geográfica. Estão presentes nos ecossistemas de grande parte das regiões tropicais da Terra, principalmente da América Latina e África, além do sudeste asiático e norte da Austrália (WILLE, 1979). Nas Américas, são aproximadamente 416 tipos descritos (CAMARGO, 2007). No Brasil, são descritas cerca de 200 espécies de meliponíneos distribuídos por todos seus biomas (NOGUEIRA NETO, 1997), representando grande parte da diversidade de espécies, principalmente na região Nordeste, onde a cultura de criação destes insetos se manifesta de forma mais intensa (VILLAS-BÔAS, 2012).

As espécies *Melipona subnitida*, *Melipona scutellaris* e *Nannotrigona testaceicornis*, popularmente conhecidas como jandaíra, uruçú e iraiá, respectivamente, são facilmente encontradas na região do Nordeste brasileiro, e são ecologicamente de grande importância para esta região, uma vez que polinizam diversas espécies vegetais (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; COSTA et al., 2013), contribuindo para o seu sucesso reprodutivo, reconstituindo florestas tropicais, conservando os remanescentes, sendo consideradas bioindicadores da qualidade ambiental (KERR 1997; PALAZUELOS BALLIVIÁN, 2008).

Na agricultura, as abelhas sem ferrão também se destacam como o grupo de polinizadores mais importantes, sendo os mais adaptados e eficientes, coexistindo numa dependência entre as espécies de plantas (TOREZANI, 2015; FREITAS et al., 2015; SEM ABELHA SEM ALIMENTO, 2018). Segundo o Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil, as abelhas são responsáveis pela polinização de 80% das plantas cultivadas ou silvestres, sendo polinizadores exclusivos de 65% delas (WOLOWSKI et al., 2018).

No entanto, há na agricultura o uso de muitos inseticidas. E muitos relatos fortalecem a hipótese de que estes estariam colaborando com o sumiço das abelhas em campo, por poderem se apresentar nocivos às abelhas sem ferrão (WOLOWSKI et al., 2018). No Brasil, a pesquisa a respeito dos impactos destes sobre estas espécies são escassas, tornando-se necessário estudá-los.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a toxicidade de inseticidas empregados no controle de pragas da cultura do meloeiro e de citrus sobre operárias de abelhas das espécies *M. subnitida* (Duck), *M. scutellaris* e *N. testaceicornis*, em virtude destas

espécies estarem muito presentes nas mesorregiões paraibanas Alto Sertão, aonde se cultiva o meloeiro; e Brejo, onde a citricultura tem enorme potencial.

O trabalho se dividiu em dois capítulos, aonde o primeiro descreve o ensaio feito com as abelhas Jandaíra e Uruçú, e teve como objetivos avaliar a toxicidade de alguns inseticidas químicos e um biológico utilizando dosagens medianas recomendadas pelos fabricantes dos produtos para o controle de pragas da cultura do meloeiro sobre a abelha jandaíra, por esta abelha estar mais frequente nas áreas de produção desta cultura; e avaliar a toxicidade dos mesmos produtos sobre a abelha Uruçú, porém nas dosagens medianas recomendadas pelos fabricantes dos produtos para o controle de pragas do citrus, devido esta abelha ser mais frequentes nas áreas de produção desta cultura.

O segundo capítulo descreve o ensaio feito com a abelha Iraí, e teve como objetivo avaliar a toxicidade dos inseticidas Tiametoxam e Clorpirifós sobre esta abelha, utilizando dosagens medianas recomendadas pelos fabricantes dos produtos para o controle de pragas do citrus, devido esta abelha ser mais frequentes nas áreas de produção desta cultura. A fim de se verificar o efeito tóxico destes produtos sobre as espécies, tanto em aplicações tópicas quanto a contaminação via ambiente contendo resíduos.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Importância ambiental, social e econômica das abelhas sem ferrão

A interação entre as abelhas e plantas garantiu aos vegetais o sucesso na polinização cruzada, que constitui uma importante adaptação evolutiva das plantas, aumentando o vigor das espécies, possibilitando novas combinações de fatores hereditários e aumentando a produção de frutos e sementes (RODRIGUES, 2019). Neste cenário, as abelhas sem ferrão apresentam grande importância ecológica ambiental, ao papel que desempenham na polinização e, conseqüentemente, frutificação. Segundo Giannini e Cordeiro (2016), das 250 espécies de animais identificados e considerados polinizadores efetivos de 75 culturas agrícolas brasileiras, 87% são abelhas; aonde cerca de aproximadamente 23 espécies de abelhas sem ferrão são geralmente empregadas em cultivos para realização da polinização (SILVA CI et al., 2015).

Além da polinização, estas abelhas também são de grande importância socioeconômica, por apresentarem produtos e subprodutos bastante valorizados, tais como, mel, pólen, própolis e geoprópolis, devido as suas potenciais características medicinais (NISHIO et al., 2014; SILVA et al., 2014; SILVA APV et al., 2015), que dão subsídios à família de pequenos agricultores, o que impulsionou tanto sua criação racional como o manejo (MAGALHÃES e VENTURIERI, 2010; SANTOS et al., 2013).

As abelhas Uruçú, Jandaíra e Iraí são facilmente encontradas em cortiços de meliponicultores em várias regiões da Paraíba. Apesar da abelha Jandaíra ser endêmica da Caatinga, esta abelha tem sido encontrada em outros biomas, a exemplo da Mesorregião do Agreste da Paraíba, aonde predomina vestígios da Mata Atlântica. Há relatos de que a abelha Jandaíra foi encontrada também em área de restinga do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Barreirinhas – MA, em espaço oco existente em um mourão de cerca (RÊGO e ALBUQUERQUE, 2006). Enquanto que a abelha Uruçú é também facilmente encontrada no sertão do Rio Grande do Norte, assim como a abelha Iraí. O que fortalece a importância destas espécies para os ambientes aonde se habitam viver.

É também comum encontrar criadores de abelhas sem ferrão, tanto na zona rural como nos centros das cidades, aonde muitos desses meliponicultores tem essa atividade como hobby ou fonte de renda. Na Região Nordeste há muitos meliponicultores criadores de Uruçú, Jandaíra e Iraí, que são responsáveis pela polinização de muitas plantas endêmicas, bem como as cultivadas a exemplo o meloeiro e citros (EVANGELISTA-RODRIGUES et al.,

2004; MARQUES et al., 2015; EVANGELISTA-RODRIGUES, 2019; EMBRAPA, 2019), duas culturas de grande importância para o agronegócio brasileiro, aonde a ausência das abelhas pode diminuir a produtividade e, conseqüentemente, aumentar os custos de produção, trazendo prejuízos ao agricultor.

No Brasil, os cítricos ocupam lugar de destaque dentre as diversas culturas agrícolas, por causa do seu grande valor de exportação e à sua importância social, pois gera grande número de empregos e permite que pequenos proprietários permaneçam no campo vivendo com suas famílias (EVANGELISTA-RODRIGUES, 2019), e a polinização por abelhas favorece a qualidade do fruto, agregando valor econômico ao produto (NASCIMENTO et al., 2011; MALERBO e HALAK, 2013).

Na produção de melão não tem sido diferente, as abelhas tem colaborado com o aumento da produção de frutos (KIILL et al., 2015). Dantas et al. (2013) associaram o menor número de frutos de meloeiro por planta à diminuição do trabalho das abelhas no processo de polinização, em virtude do aumento da densidade de plantio. Enquanto que, após a introdução de colmeias de abelhas no campo de produção, Ribeiro (2019) constatou um aumento de até 3 toneladas na produtividade de melão, o que caracteriza de fato a importância da contribuição das abelhas à polinização, e conseqüentemente a produtividade desta cultura.

A interação entre as abelhas e estas culturas é importante e necessária. No entanto, em virtude do ataque frequente de pragas nestes cultivos, que causam danos diretos e indiretos nas culturas, resultando prejuízo à produção, a aplicação de inseticidas no controle dessas pragas se faz necessário. Porém, existem casos em que este método é aplicado inadequadamente, e efeitos adversos podem ocorrer, como a contaminação de alimentos, poluição de rios, intoxicação e morte de agricultores, bem como a extinção de espécies de animais (FERRARI, 1986), principalmente as abelhas, causando a morte e conseqüentemente o seu desaparecimento nos campos, devido a toxicidade dos produtos, como relatado por Araújo et al. (2018).

Inseticidas neonicotinoides, organofosforado, piretroides e *Bacillus thuringiensis*

Os produtos fitossanitários (agrotóxicos, agroquímicos ou pesticidas) são substâncias químicas que podem ocasionar alterações fisiológicas, bioquímicas ou comportamentais sobre organismos vivos, por meio do bloqueio de algum desses sistemas, tendo como alvo principal, na maioria dos casos, o sistema nervoso (GALLO et al., 2002). Outro grupo de inseticida que também é empregado no controle de pragas é o biológico, que consiste na regulação do

número de plantas e animais por inimigos naturais, os quais se constituem nos agentes de mortalidade biótica, neste caso de insetos (PARRA et al., 2019).

Os inseticidas neonicotinoides são oriundos de moléculas de nicotina, extraídas das plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum*). O primeiro composto dessa categoria de inseticida a ser comercializado foi o ingrediente ativo imidaclopride, introduzido na Europa e no Japão em 1990 pela Bayer CropScience®, que juntamente com o nitenpyram e o acetamipride representam a classe das cloronicotinilas, também conhecidos como neonicotinoides de primeira geração (NAUEN et al., 2001); e posteriormente outras gerações de neonicotinoides foram produzidas, onde se encontram o tiametoxam, entre outros. O tiametoxam foi o primeiro neonicotinoide de segunda geração, e possui o grupo tianicotinil, característico desta classe (DURO, 2013), largamente utilizados para o controle de pragas de diversas culturas.

Sistêmicos, os neonicotinoides são aplicados via pulverização foliar, via água de irrigação no solo e no tratamento de sementes (THOMPSON e MAUS, 2010; BLACQUIÈRE et al., 2012). Atuam no sistema nervoso central dos insetos, agindo como agonistas da acetilcolina nos receptores nicotínicos pós-sinápticos (NAUEN et al., 2001; OLIVEIRA, 2014). A acetilcolina é hidrolisada pela enzima acetilcolinesterase nos receptores nicotínicos, enquanto que a molécula dos neonicotinoides não são degradadas imediatamente, fazendo com que os impulsos nervosos sejam transmitidos continuamente, levando à hiperexcitação do sistema nervoso (GALLO et al., 2002), consequentemente causando um colapso nesse sistema e a morte do inseto, agem muito semelhante aos inseticidas organofosforados.

Os inseticidas organofosforados fazem parte de um grupo de várias substâncias químicas derivadas do ácido fosfórico conhecidos como inibidores da acetilcolinesterase, anticolinesterásicos ou colinérgicos de ação indireta (FIKES, 1990; ROCHA e SPINOSA, 1992), inibem principalmente a acetilcolinesterase, aumentando o nível de acetilcolina nas sinapses (CAVALCANTI et al., 2016).

A intoxicação aguda por organofosforado pode causar a morte imediata, uma vez que causa asfixia, resultante de insuficiência respiratória associada a constrição bronquial, aumento das secreções bronquiais, paralisia dos músculos respiratórios e depressão do centro respiratório (SANTOS et al., 2004). Estes últimos são decorrentes de broncoconstrição, aumento das secreções brônquicas e bradicardia, bem como de depressão do sistema nervoso central, sendo as principais causas de morbidade e mortalidade por tais produtos (ECOBICHON e JOY, 1991). A intoxicação pode ocorrer através de ingestão, absorção cutânea e a exposição a vapores e aerossóis que contenha o inseticida.

A metabolização dos organofosforados é relativamente rápida e a maioria destes compostos sofre biotransformação no fígado antes de inibir as acetilcolinesterases. Em muitos casos, podem detectar-se metabolitos nas excretas (GUEVARA e PUEYO, 1995), a grande maioria são tóxicos e perigosos. O clorpirifós, por exemplo, é um ingrediente ativo do grupo organofosforado que é classificado como altamente tóxico, de acordo com a sua Dose Letal 50 por via oral (VINHAL e SOARES, 2018).

Os inseticidas piretróides tem origem vegetal, obtidos a partir da trituração das flores de algumas plantas pertencentes ao gênero *Chrysanthemum cinerariaefolium* (PIMPÃO et al., 2007; SANTOS et al., 2007) e *Chrysanthemum cocineum* (TRAMUJAS et al., 2006).

São indicados para o controle de insetos no mundo todo, por agirem com rapidez, uma vez que são moduladores dos canais de sódio, fazendo com que ocorra um fluxo contínuo de entrada de Na na célula, provocando aceleração dos impulsos e descontrole, hiperexcitabilidade, impossibilidade de locomoção, efeito conhecido como “knockdown”, e por fim, sua morte (SANTOS et al., 2007; MATIAS, 2016;). São comumente divididos em composto tipo I, o qual falta um substituinte alfa-ciano, e composto tipo II, o qual contém o substituinte alfa-cianofenoxibenzil, o qual confere maior eficácia inseticida em sua molécula (OSTI et al., 2007), o que configura sua toxicidade, e são considerados muito perigosos para o meio ambiente.

Os inseticidas biológicos que tem como ingrediente ativo a bactéria *Bacillus thuringiensis*, são inseticidas que consistem na morbidade biótica de insetos. É o inseticida microbiano mais bem-sucedido, aplicado na proteção de muitos cultivos, florestas e no combate a vetores de doenças aos humanos. *Bacillus thuringiensis* trata-se de uma bactéria gram positiva, capaz de produzir um cristal proteico que contém toxinas com propriedades inseticidas, essa bactéria atua contra espécies pertencentes às ordens Lepidoptera, Coleoptera e Diptera, bem como a várias outras espécies de artrópodes, nematoides e platelmintos (CAPALBO et al., 2005; SILVA; BRITO, 2015).

É considerado específico e seletivo a organismos não-alvo (ANGELO; VILAS-BÔAS; CASTRO-GÓMEZ, 2010), ou seja, eles atingem diretamente os insetos que estão causando algum tipo de dano na agricultura e não afetam os polinizadores, por exemplo, que não são o alvo. Sua ação ocorre por via oral, seguindo-se uma série de passos. Ao serem ingeridas por um inseto susceptível, as protoxinas são solubilizadas no ambiente alcalino do intestino dele (pH - 10) e, em seguida, processadas por proteases específicas. Os produtos ativos das proteínas Cry resultantes de todos esses processos ligam-se de maneira irreversível a receptores da membrana das células epiteliais do intestino do inseto, levando a formação de

poros inespecíficos ou canais iônicos, que alteram a permeabilidade das células, o que resulta numa lise celular e à ruptura de integridade intestinal, com consequente morte do inseto (CAPALBO et al., 2005).

Estudos tem apontado que os inseticidas dos grupos supracitados tem causado mortalidade significativa em várias espécies de abelhas, principalmente sob *Apis mellifera*, sendo necessário que se verifique esta toxicidade em espécies de abelhas sem ferrão.

#### Efeitos de inseticidas sobre abelhas

As espécies de meliponíneos se encontram em processo acelerado de desaparecimento. Ações como desmatamentos, queimadas, uso demasiado de agrotóxicos e predação por parte dos meleiros tem sido apontados como os principais fatores de diminuição das colmeias (KEER et al., 2001; SANTOS, 2010). A perda de hábitat e ambiente de nidificação têm levado as abelhas a forragear naturalmente em ambientes agrícolas. Porém, o aumento na frequência de forrageamento nestas áreas pode estar ocasionando uma redução no número populacional destes insetos, devido ao contato com os inseticidas aplicados para o controle de pragas nas áreas de cultivo (MALASPINA et al., 2006; CARVALHO et al., 2009).

No momento da aplicação dos inseticidas, parte da calda pode se perder no meio ambiente por deriva, podendo atingir outras áreas, contaminando todo o perímetro. De acordo com Pimentel e Burgess (2012), as quantidades de inseticidas aplicadas erroneamente aumentam ainda mais problemas com intoxicações a longas distâncias por insetos não alvos. Krupke et al. (2012) relataram encontrar resíduos de inseticidas em flores de plantas daninhas, nos seus grãos de pólen e néctar, no solo dos campos cultivados e próximo aos cultivos de milho, bem como em abelhas mortas nos apiários. Os recursos florais, principais componentes do mel, são principais focos de contaminação, e por isso podem estar relacionados com a mortalidade de abelhas, uma vez que são por elas coletados, momento este que as expõe à moléculas químicas. Chauzat et al. (2006) relataram encontrar resíduos de inseticidas em produtos apícolas, em 11 amostras de mel de 125 colmeias de *Apis mellifera* avaliadas.

Apesar da eficácia, o uso demasiado de inseticidas pode provocar o aumento das pragas ao invés de combatê-las, devido a seleção de populações resistentes, ocasionando a dependência das lavouras aos agrotóxicos, agredindo ainda mais a fauna e dizimando, polinizadores (CHAGAS, 2019). Insetos polinizadores, especialmente abelhas, são os que mais sofrem alterações comportamentais e ou fisiológicas, devido à sua vulnerabilidade a intoxicações por inseticidas (BARBOSA, 2018), que podem ter uma influência sobre a

aprendizagem do inseto, sua capacidade de orientação, forrageamento e na sua prole (THOMPSON e MAUS, 2007).

Analisando dados de 10 anos do Sistema de Investigação de Incidentes da Vida Selvagem (WIIS), Barnett et al. (2007) relataram que as aplicações de inseticidas organofosforados, carbamatos e piretróides reduziram o número populacional de abelhas em agroecossistemas no Reino Unido, onde operárias de *Apis mellifera* L. e zangões de *Bombus terrestris* L. foram as espécies mais prejudicadas com intoxicações por agrotóxicos, que são muitas vezes utilizados de maneira indiscriminada nos cultivos. Para Araújo et al. (2018), diferentes inseticidas do grupo neonicotinoide são tóxicos a operárias de *A. mellifera*, causando a morte desses insetos em menos de uma hora, mesmo quando expostas a baixas dosagens. Este problema pode estar ocorrendo em diversos campos agrícolas.

Vários trabalhos vêm sendo publicados mostrando a importância do efeito deletério de diversos inseticidas sobre abelhas (MORAES et al., 2000; KREMEN et al., 2002; THOMPSON et al., 2007; WHITEHORN et al., 2012; PALMER et al., 2013; ARAÚJO et al., 2017; ARAÚJO, 2018). A maioria dos estudos de toxicidade têm utilizado a espécie *A. mellifera* como modelo principal em diversos ensaios e experimentos, devido à importância do seu serviço de polinização, globalmente reconhecido (BRITAIN e POTTS, 2011; LOURENÇO et al., 2012a;). Porém, a toxicidade de determinado inseticida pode diferir de uma abelha para outra, em virtude da suscetibilidade de cada espécie (ALSTON et al., 2007). Logo, faz-se necessário avaliar a toxicidade destes em diferentes grupos de abelhas, a exemplo as abelhas sem ferrão, que também estão inseridas nos sistemas convencionais de produção.

O efeito deletério dos inseticidas não seletivos sobre abelhas tem sido um dos assuntos mais comentado no mundo. Esta proporção alarmante tem levado muitos pesquisadores a investigar cada vez mais o tema e em diferentes espécies de abelhas. Dorneles (2015), avaliando a toxicidade de inseticidas organofosforados para as abelhas sem ferrão *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragonisca fiebrigi*, relatou que estes inseticidas são potencialmente perigosos para estas espécies de abelhas, tanto por via tópica como pela ingestão. Lourenço et al. (2012b) avaliaram a toxicidade do inseticida fipronil sobre a abelha sem ferrão *M. scutellaris*, constatando que esta espécie é extremamente sensível ao produto. Para Ferreira et al. (2013), o fipronil causa vacuolização no citoplasma das células excretoras presentes nos túbulos de malpighi da abelha sem ferrão *Scaptotrigona postica*, quando contaminada por ingestão, matando as abelhas. Para Souza (2015), a contaminação via oral, tópica e por contato com superfícies contaminadas com clotianidina, um neonicotinoide, são

altamente tóxicas às abelhas *A. mellifera*, mesmo em dosagens subletais. Costa et al. (2014), avaliando a toxicidade de tiametoxam, relataram alto índice de mortalidade de *A. mellifera* em poucas horas, quando em contato tópico, sob contaminação aguda.

O efeito da contaminação aguda de muitos inseticidas tem sido constatado, aonde as abelhas entram em contato com as moléculas químicas diretamente, podendo apresentar sintomas de intoxicação minutos após o contato. Quando não apresentam sintomas de intoxicação imediatos, as abelhas podem conseguir retornar às suas colmeias, e assim depositar os recursos florais coletados, que por sua vez, podem estar contaminados, como constatado por Chauzat et al. (2006), comprometendo toda a colmeia (DIVELY et al., 2015). Segundo Whitehorn et al. (2012) e Elston et al. (2013), inseticidas neonicotinoides interferem negativamente no desenvolvimento biológico de colônias de *B. terrestris*, quando alimentadas com mel contaminado. Para estes autores, estes inseticidas devem ser testados em outras espécies de meliponídeos, bem como a avaliação da toxicidade de outros produtos, para que haja uma colaboração no sentido de impor limites na sua utilização nos cultivos comerciais.

Em relação ao inseticida biológico com ingrediente *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), alguns autores o descreve como inócuos à espécies de polinizadores, causando a mortalidade apenas do inseto alvo. No entanto, Brighenti et al. (2007) verificaram que a pulverização de *Bt* sobre as abelhas operárias adultas de *A. mellifera* causou a mortalidade de 52,4% das abelhas 96 horas após o contato. E quando aplicada na alimentação das mesmas, a *Bt* causou mortalidade de 57,6% das abelhas no mesmo intervalo, mesma observação foi relatada por Abreu (2015), que constatou interferência significativa no desenvolvimento da colônia.

Em aplicações aéreas de calda contendo *Bt* em campo, Leza et al. (2014) relataram que não houve interferência das toxinas da bactéria no desenvolvimento biológico das colônias de *A. mellifera*. No entanto, Potrich et al. (2018) relataram que a linhagem kurstaki HD-1 de *Bt* reduziu a longevidade dessas abelhas, em várias formas de contato com os esporos.

Observa-se que os efeitos dos inseticidas sobre as abelhas são diversos, e cada espécie de abelha pode responder de maneira diferente às moléculas químicas. Estudos a respeito dessa interação se tornam necessários, dada a importância deste inseto para a biodiversidade. Uma interpretação cautelosa a respeito dos resultados dos estudos servirá como importantes subsídios para proposição de medidas mitigadoras quanto a utilização de inseticidas.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, L. **Interferência do pólen de milho geneticamente modificado em colônias de *Apis mellifera* e detecção da ocorrência de proteínas transgênicas em mel.** Florianópolis, SC, 107p. 2015. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina – SC, 2015.
- ALSTON, D. G.; TEPEDINO, V. J.; BRADLEY, B. A.; TOLER, T. R.; GRISWOLD, T. L.; SUSANNA, M. Effects of the insecticide phosmet on solitary bee foraging and nesting in orchards of Capitol Reef National Park, Utah. **Environmental Entomology**, v.36, n.4, p.811-816. 2007.
- ARAÚJO, W. L.; GODOY, M. S.; MARACAJÁ, P. B.; MEDEIROS, A. C.; CARLOS, A. D.; SILVEIRA, D. C.; MEDEIROS, A. P.; PAIVA, A. C. Toxic effects of neonicotinoids on *Apis mellifera* L. workers (hymenoptera: apidae). **International Journal of Development Research**, v.8, n.05, p.20608-20612. 2018.
- ARAÚJO, W. L.; GODOY, M. S.; MARACAJÁ, P. B.; COELHO, W. A. C.; SILVA, B. K. A.; RUGAMA, A. J. M.; ARAÚJO, E. L.; BATISTA, J. L. Toxicity of neonicotinoids used in melon culture towards *Apis mellifera* L. **African Journal of Agricultural Research**, v.12, n.14, p.1204-1208, 2017.
- BARBOSA, M. F. **Abelhas e vespas visitantes florais em Malpighiaceae.** Disponível em: <[http://www.cefaprocaceres.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=865&Itemid=76](http://www.cefaprocaceres.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=865&Itemid=76)> Acesso em: 14 de dezembro de 2018.
- BARNETT, E. A.; CHARLTON, A. J.; FLETCHER, M. R. Incidents of bee poisoning with pesticides in the United Kingdom, 1994-2003. **Pest Management Science**, v.63, p.1051-1057, 2007.
- BLACQUIÈRE, T.; SMAGGHE, G.; VAN GESTEL, C. A.; MOMMAERTS, V. Neonicotinoids in bees: A Review on Concentrations, Side-Effects and Risk Assessment. **Ecotoxicology**, v.21, n.4, p.973-992, 2012.
- BRITTAIN, C.; POTTS, S. G. The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. **Basic Appl. Ecol.** v.12, p.321-331. 2011.
- BRIGHENTI, D. M.; CARVALHO, C. F.; CARVALHO, G. A.; BRIGHENTI, C. R. G.; CARVALHO, S. M. C. Bioatividade do *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Berliner, 1915) para adultos de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p.279-289, 2007.

- CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. 2012. *Meliponini Lepeletier*, 1836. In MOURE, J. S., URBAN, D. & MELO, G. A. R. 2007. (Eds.) **Catalogue of Bees (Hymenopter, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia, p. 272-572.
- CAPALBO, D. M. F.; VILAS-BÔAS, G. T.; ARANTES, O. M. N.; SUZUKI, M. T. *Bacillus Thuringiensis*. **Formulações e Plantas Transgênicas. Biotecnologia Ciências e Desenvolvimento**, n. 34, p. 76-83, 2005.
- CARVALHO, S. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; BUENO FILHO, J. S. S.; BAPTISTA, A. P. M. Toxicidade de acaricidas/ inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae). **Arquivos Instituto Biológico**, v.76, n.4, p.597-606, 2009.
- CAVALCANTI, L. P. A. N.; AGUIAR, A. P.; LIMA, J. A.; LIMA, A. L. S. Intoxicação por Organofosforados: Tratamento e Metodologias Analíticas Empregadas na Avaliação da Reativação e Inibição da Acetilcolinesterase. **Revista Virtual Química**, 2016, v.8, n.3, p.739-766, 2016.
- CHAGAS, I. D. **Os Impactos dos Agroquímicos Sobre o Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://meuartigo.brasilecola.com/biologia/os-impactos-agroquimicos-sobre-meio-ambiente.htm>> Acesso em: 29 de março de 2019.
- CHAUZAT, M. P.; FAUCON, J. P.; MARTEL, A. C.; LACHAIZE, J.; COUGOULE, N. A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. **Journal of Economic Entomology**. v.99, p.253–262. 2006.
- 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**, Paris. v. 45, p. 34-44. 2014.
- COSTA, C. C. A.; SILVA, C. I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; OLIVEIRA, F. L. Origem floral dos recursos coletados por *Melipona subnitida* e *Plebeia aff flavocincta* (apinae, meliponini) em ambiente de caatinga. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.3, n.2. p.257–260, 2013.
- DANTAS, I. C.; OLIVEIRA, C. W.; SILVA, F. L.; SANTOS, F. S. S.; MARCO, C. A. Produção de melão amarelo sob diferentes densidades de plantio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.1, p.74-84, 2013.

- DIVELY, G. P., EMBREY, M. S., KAMEL, A., HAWTHORNE, D. J., PETTIS, J. S. Assessment of chronic sublethal effects of imidacloprid on honey bee colony health. **PLoS One**, v.10, n.3. e0118748. 2015.
- DORNELES, A. L. **Toxicidade de inseticidas organofosforados para as abelhas sem ferrão *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragonisca fibrigi***. Porto Alegre – RS. 60f. 2015. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – RS, 2015.
- DURO, P. N. **Desenvolvimento de métodos eletroquímicos para quantificação de pesticidas neonicotinoides em amostras de água contaminadas**. Dissertação (Mestrado). Évora - Portugal, março de 2013.
- ECOBICHON; D. J.; JOY, R. M. Pesticides and neurological diseases. In: CASARETT, L. J.; DOULL, J. **Toxicology the basic science of poisons**. 4th ed. Boca Raton, CRC Press, 1991. p. 565-622.
- ELSTON, C.; THOMPSON, H.; WALTERS, K. Sub-lethal effects of thiametoxam, a neonicotinoid pesticide, and propiconazole, a DMI fungicide, on colony initiation, in bumblebee (*Bombus terrestris*) micro-colonies. **Apidologie**, v.44, n.5, p.563-574. 2013.
- EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; DANTAS, H. K. M.; FERRAZ, M. A. Diagnóstico da arquitetura do ninho de *Melípona scutellaris* L. **Mensagem Doce**, São Paulo, n. 78, p. 24-28, 2004.
- EVANGELISTA-RODRIGUES, A. Polinização de *Citrus*. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69189/1/Adriana.pdf> > Acesso em: 20 de junho de 2019.
- FERREIRA, R. A. C.; SILVA-ZACARIN, E. C. M.; MALASPINA, O.; BUENO, O. C.; TOMOTAKE, M. E. M.; PEREIRA, M. Cellular responses in the malpighian tubules of *Scaptotrigona postica* (Latreille, 1807) exposed to low doses of fipronil and boric acid. **Micron**, v.46, p.57-65, 2013.
- FIKES, J. D. Organophosphorus and carbamate insecticides. **Veterinary Clinics North American: Small Animal Practice**, v. 20, n. 2, p.353-367, 1990.
- FREITAS, B. M.; SILVA, C. I. O papel dos polinizadores na produção agrícola no Brasil. In: **Agricultura e Polinizadores**. 1 ed. São Paulo: A.B.E.L.H.A. – Associação Brasileira de Estudos das abelhas, p. 9-18, 2015.
- GALLO, D. O.; NAKANO, O.; SILVERA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM,

- J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 2002. 920p.
- GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D. Abelhas polinizadoras importantes para a agricultura brasileira. **Mensagem Doce**, São Paulo, n.136, 2016. p.90
- GUEVARA, J. L.; PUEYO, V. M., Toxicología médica: clínica y laboral, Madrid: Interamericana, McGraw-Hill. 1995.
- IMPERATRIZ-FONSECA V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA A. M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. EDUSP, p.213- 236, 2012.
- KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; SILVA, A. C.; ASSI, M. G. P. **Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica**. Parcerias Estratégicas. v.12: p.20-41, 2001.
- KERR, W. E. A importância da meliponicultura para o país. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. v.1, p.42-44, 1997.
- KIILL, L. H. P.; RIBEIRO, M. F.; SIQUEIRA, K. M. M.; SILVA, E. M. S. **Plano de Manejo de Polinizadores do Meloeiro**. Embrapa Semiárido. Documentos, 267. 2015. 55 p.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; THORP, R. W. Crop Pollination from Native Bees at Risk from Agricultural Intensification. **PNAS**, Baltimore, v.99, p.16812-16816, 2002.
- KRUPKE, C. H.; HUNT, G. J.; EITZER, B. D.; ANDINO G.; GIVEN, K. Multiple Routes of Pesticide Exposure for Honey Bees Living Near Agricultural Fields. **PLoS ONE**, São Francisco/EUA, v.7, n.1, e29268. 2012.
- LEZA, M. M.; LLADO, G.; PETRO, A. B.; ALEMANY, A. First field assessment of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* aerial application on the colony performance of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). **Spanish Journal Of Agricultural Research**, v. 12, n. 2, p.405-408, 2014.
- LOURENÇO, C. T.; CARVALHO, S. M.; MALASPINA, O.; NOCELLI, R. C. F. Determination of fipronil LD<sub>50</sub> for the brazilian bee *Melipona scutellaris*. **Julius-Kühn-Archiv**, v.437, p.174-178, 2012a.
- LOURENÇO, C. T.; CARVALHO, S. M.; MALASPINA, O.; NOCELLI, R. C. F. Oral toxicity of fipronil insecticide against the stingless bee *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811). **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** v.89, p. 921-924, 2012b.

- MAGALHÃES, T. L.; VENTURIERI, G. V. **Aspectos econômicos da criação de abelhas indígenas sem ferrão (Apidae: Meliponini) no Nordeste paraense**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 36 p., 2010. (Documentos).
- MALASPINA, O.; SILVA-ZACARIN, E. C. M. Cell Makers for Ecotoxicological Studies in Target Organs of Bees. **Brazilian Journal of Morphological Sciences**, São Paulo, v.23, n.3/4, p.303-309, 2006.
- MALERBO-SOUZA, D. T. e HALAK, A. L. Efeito da interação abelha-flor na produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Zootecnia Tropical**, v. 18, p.78-93, 2013.
- MARQUES, M. F.; MENEZES, G. B.; DEPRÁ, M. S.; DELAQUA, G. C. G.; HAUTEQUESTT, A. P.; MORAES, M. C. M. **Polinizadores na agricultura: ênfase em abelhas**. Rio de Janeiro: Funbio, 2015. 36 p.
- MATIAS, R. S. **Como agem os inseticidas nos insetos**. 2016. Disponível em: <<https://www.pragaseeventos.com.br/saude-ambiental/como-agemos-inseticidas-nos-insetos/>>. Acesso em: 20 de junho de 2019.
- MORAES, S. S.; BAUTISTA, A. R. L.; BLANDINA F. VIANA, B. F. Avaliação da Toxicidade Aguda (DL50 e CL50) de Inseticidas para *Scaptotrigona tubiba* (Smith) (Hymenoptera: Apidae): Via de Contato. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v.29, n.1, p. 31-37, 2000.
- NASCIMENTO, E. T.; PÉREZ-MALUF, R.; GUIMARÃES, R. A.; CASTELLANI, M. A. Diversidade de abelhas visitantes em flores de *Citrus* em pomares de laranjeira e tangerine. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.33, p.111-117, 2011.
- NAUEN, R.; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; ELBERT, A.; JESCKE, P.; TIETJEN, K. Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides. In: Ishaaya, I. **Biochemical sites in Insecticide action and Resistance**. New York, p. 77-105. 2001
- NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. Nogueirapis, São Paulo. 1997. 445p.
- NISHIO, E. K.; KRUPINISKI, M. T.; KOBAYASHI, R. K. T.; PRONI, E. A.; NAKAZATO, G. Avaliação da atividade antibacteriana de dois méis de abelhas indígenas sem ferrão contra bactérias de importância alimentar. In: **Anais do 12º Congresso Latinoamericano de Microbiologia e Higiene de Alimentos - MICROAL 2014** [= **Blucher Food Science Proceedings**, v.1, n.1]. São Paulo: Editora Blucher, 2014.

- OLIVEIRA, E. E. Receptores Nicotínicos como Sítio-Alvo de ação de Inseticidas: Atualidades e Perspectivas para o Controle de Mosca-Branca. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA. 1. Goiania – GO. **Anais...Goiânia – GO**, 2014.
- OSTI, S. C.; VAROLI, F. M. F.; MATUSHIMA, E. R.; BERNARDI, M. M. Comparative studies of deltamethrin acute toxicity in exotic and brasilian fish. **Journal of the Brazilian Society Ecotoxicology**, v. 2, n. 2, p.101-106, 2007.
- PALAZUELOS BALLIVIAN, J. M. P. **Abelhas nativas sem ferrão - Mÿg**. São Leopoldo, Oikos, 2008. P.63
- PALMER, M. J.; MOFFAT, C.; SARANZEWA, N.; HARVEY. J.; WRIGHT, G. A.; CONNOLLY, C. N. Cholinergic Pesticides Cause Mushroom Body Neuronal Inactivation in Honey Bees. **Nature Communications**. v.4, n.4, p.1634-1642. mar., 2013.
- PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. **Controle biológico: terminologia**. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Mauricio\\_Bento/publication/318826631\\_Control\\_e\\_Biologico\\_Terminologia\\_in\\_portuguese/links/59807e79a6fdcc324bbe5b2e/Controle-Biologico-Terminologia-in-portuguese.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Mauricio_Bento/publication/318826631_Control_e_Biologico_Terminologia_in_portuguese/links/59807e79a6fdcc324bbe5b2e/Controle-Biologico-Terminologia-in-portuguese.pdf)>. Acesso em: 07 de julho de 2019.
- PIMENTEL, D.; BURGESS, M. Small amounts of Pesticides Reaching Target Insects. **Environment, Development and Sustainability**, v.14, p.1–2, 2012.
- PIMPÃO, C. T.; ZAMPRONIO, A. R.; SILVA DE ASSIS, H. C. Effects os deltamethrin on hematological parameters and enzymatic activity in *Ancistrus multispinis* (Pisces, Teleostei). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.88, p.122-127, 2007.
- POTRICH, M.; SILVA, R. T. L.; MAIA, F. M. C.; LOZANO, E. R.; ROSSIC, R. M.; COLOMBO, F. C.; TEDESCO, GOUVEA, F. G. A. Effect of entomopathogens on Africanized *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). **Revista Brasileira de Entomologia** v.62, p.23-28, 2018.
- RÊGO, M. e ALBUQUERQUE, P. Redescoberta de *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera: Apidae) nas restingas do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Barreirinhas, MA. **Neotropical Entomology**, v.35, p.416-417. May-June, 2006.
- SANTOS, A. B. Abelhas nativas: polinizadores em declínio. **Natureza on line**, v.8, n.3, p. 103-106, 2010.
- RIBEIRO, M. F. **Polinização do Meloeiro (*Cucumis melo*)**. Disponível em <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/938712/1/Marcia.pdf>> Acesso em: 12 de junho de 2019.

- ROCHA, L. C. S.; SPINOSA, H. S. Praguicidas organofosforados e carbamatos: algumas considerações. **Comunicações Científicas da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo**, v. 16, n. 1/2, p. 41-44, 1992.
- SANTOS, P. C. G.; COSTABILE, D.; BENEVIDES, F. B.; BATISTA, J. C.; SAROBA, L.; SEGURA, R.; MANTOVANI, T. M. Intoxicação por organofosforados. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v.3, s/p. 2004.
- SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretróides - uma visão geral. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2007.
- SANTOS, R. M. S.; SANTOS, J. O.; MIRANDA, R. C.; NÓBREGA, I. G. M.; BORGES MARACAJÁ, P. B.; ALENCAR, M. C. B.; CABRAL, S. A. O. Meliponicultura: oportunidade de renda complementar para os quilombolas do município de Diamante – PB. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.3, n.2, p. 215-219. 2013.
- SEM ABELHA SEM ALIMENTO. **Polinização**. Disponível em: <<http://www.semabelhasemalimento.com.br/home/polinizacao/>>. Acesso em: 26 de novembro de 2018.
- SILVA, A. P. V.; ALENCAR, M. C. B.; MARACAJÁ, P. B.; CABRAL, S. A. A. O.; SILVEIRA, D. C.; CARMO, E. S. Atividade antifúngica do mel de abelha *Plebeia cf. flavocincta* contra *Aspergillus niger*. **ACTA Apicola Brasilica**, v.3, n.1, p.01-09, 2015.
- SILVA, C. I.; PONTES FILHO, A. J. S.; FREITAS, B. M. Polinizadores manejados no Brasil e sua disponibilidade para a agricultura. **In: Agricultura e polinizadores**. 1 ed. São Paulo: A.B.E.L.H.A. – Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, p. 19-31, 2015.
- SILVA, T. M. G.; SILVA, P. R.; CAMARA, C. A.; SILVA, G. S.; SANTOS, F. A. R. SILVA, T. M. S. Análises químicas e potencial antioxidante do mel de angico produzido pelas abelhas sem-ferrão Jandaíra. **Revista Virtual de Química**. v.6, n.5, p.1370-1379. 2014.
- SOUZA, J. R. **Toxicidade da clotianidina para a abelha africanizada *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae)**. 2015. 139f. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- THOMPSON, H. M.; MAUS, C. The Relevance of Sublethal Effects in Honey Bee Testing for Pesticide Risk Assessment. **Pest Management Science**, v.63, p.1058–1061, nov., 2007.
- THOMPSON, H. M. Risk Assessment for Honey Bees and Pesticides – Recent Developments and ‘News Issues’. **Pest Management Science**. v.66, n.11, p.1157-1162, 2010.

- TOREZANI, K. R. S. **Polinização da aboboreira (*Cucurbita pepo* L.): um estudo sobre a comunidade de abelhas em sistemas orgânicos e convencionais de produção no Distrito Federal**. Brasília, 72f, 2015. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade de Brasília – UnB. 2015.
- TRAMUJAS, F. F.; FÁVARO, L. F.; PAUKA, L. M.; SILVA DE ASSIS, H. C. Aspectos reprodutivos do peixe-zebra, *Danio rerio*, exposto a doses subletais de deltametrina. **Archives of Veterinary Science**, v. 11, n. 1, p. 48-53, 2006.
- VILLAS-BÔAS, J. **Manual Tecnológico: Mel de Abelhas sem Ferrão**. Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 2012. 96 p.
- VINHAL, D. C.; SOARES, V. H. C. Intoxicação por organofosforados: uma revisão da literature. **Revista Científica FacMais**, v. 14, n. 3, p. 63-79, 2018.
- WHITEHORN, P. R.; O’CONNOR, S.; WACKERS, F. L.; GOULSON, D. Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. **Science**, Washington v.336, n. 6079, p. 351-352, 2012.
- WILLE, A. Phylogeny and relationships among the genera and subgenera of the stingless bees (Meliponinae) of the world. **Revista Biologia Tropical**, v. 27, n. 2, p.241-277. 1979.
- WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L. SARAIVA, A. M.; SILVA, C. I. **Plataforma Brasileira de Biodiversidades e Serviços Ecosistêmicos. Sumário para tomadores de decisão: 1º relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. Campinas, SP. 2018. 20 p.

## Capítulo I

**TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE ABELHAS SEM FERRÃO DE  
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA *Melipona subnitida* E *Melipona scutellaris***

ARAÚJO, WHALAMYS LOURENÇO. D.S. Universidade Federal da Paraíba. 03-2019. **TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE ABELHAS SEM FERRÃO DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA *Melipona subnitida* E *Melipona scutellaris***. Jacinto de Luna Batista.

**RESUMO:** Os inseticidas tem sido apontados entre as principais causas do desaparecimento das abelhas sem ferrão, agentes de polinização, e de grande importância socioeconômica. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do meloeiro e de citros sobre as espécies de abelhas Jandaíra (*Melipona subnitida*) e Uruçú (*Melipona scutellaris*), respectivamente. Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Os inseticidas testados foram os dos grupos Neonicotinóide [Tiametoxam (T1) e Imidacloprido (T2)], Piretroide [Deltametrina (T3) e Bifentrina (T6)], Organofosforado [Clorpirifós (T4)] e Biológico [*Bacillus thuringiensis* (T5)], o tratamento testemunha (T<sub>0</sub>) constou de uma solução à base de água. No ensaio com a espécie Jandaíra, as dosagens utilizadas foram as medianas recomendadas pelos fabricantes para o controle de pragas do meloeiro: T<sub>0</sub>: Água; T<sub>1</sub>: 0,4 grama do produto comercial (g p. c.); T<sub>2</sub>: 0,3 g p. c.; T<sub>3</sub>: 0,03 mililitro do produto comercial (ml p. c.); T<sub>4</sub>: 0,1 ml p. c.; T<sub>5</sub>: 0,33 ml p. c.; e T<sub>6</sub>: 0,1 ml p. c.; e com a espécie Uruçú, as recomendadas para o citros: T<sub>0</sub>: Água; T<sub>1</sub>: 0,02 g p. c.; T<sub>2</sub>: 0,01 g p. c.; T<sub>3</sub>: 0,03 ml p. c.; T<sub>4</sub>: 0,1 ml p. c.; T<sub>5</sub>: 0,33 ml p. c.; e T<sub>6</sub>: 0,02 ml p. c. Os ensaios foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com 7 tratamentos, 10 repetições contendo 10 insetos cada. As abelhas foram submetidas a aplicação tópica de 0,02 µl de calda de cada tratamento sobre o abdômen, com o auxílio de uma seringa, e posteriormente confinadas em potes plásticos (50 ml) vedados com tampas perfuradas para ventilação, mantidos em condições ambientes, aonde foi ofertado mel e água. Observações do comportamento e taxa de mortalidade dos foram feitas até as 96 horas. Os dados foram submetidos à análise de sobrevivência, por meio do GraphPad Prism (v.5 for Mac). Foi calculada a mediana do tempo de sobrevivência com intervalo de confiança de 95% e diferenças significativas entre grupos, estimados usando teste de Kaplan–Meier e *LogRank* test, com nível de significância de  $p < 0,05$ . Todos os inseticidas químicos avaliados causaram mortalidade significativa às abelhas sem ferrão Jandaíra *M. subnitida* e Uruçú *M. scutellaris*.

**Palavras-chaves:** *Melipona subnitida*, *Melipona scutellaris*, Inseticidas, Polinizadores.

ARAÚJO, WHALAMYS LOURENÇO. D.S. Federal University of Paraíba. 03-2019. **Toxicity of insecticides on non-ferrous bees of economic importance *Melipona subnitida* and *Melipona scutellaris*.** Jacinto de Luna Batista.

**ABSTRACT:** Insecticides were identified as the main causes of stingless bees disappearance, pollinating agents and environmental quality bioindicators. The goal of this work is to evaluate the toxicity of insecticides used in the cultivation of melons trees and citrus on the bee species Jandaíra (*Melipona subnitida*) and Uruçú (*Melipona scutellaris*), respectively. The tests were conducted at the Entomology Laboratory of the Center for Agricultural Sciences of the Federal University of Paraíba. The insecticides tested were the Neonicotinoid [Tiametoxam (T<sub>1</sub>) and Imidacloprido (T<sub>2</sub>)], Pyrethroid [Deltamethrin (T<sub>3</sub>) and Bifenthrin (T<sub>6</sub>)], Organophosphate [Chlorpyrifos (T<sub>4</sub>)] and Biological [Bacillus thuringiensis (T<sub>5</sub>)] groups. Control treatment used (T<sub>0</sub>) was a water-based solution. In the trial with a Jandaíra species, the dosages used were the medians recommended by the manufacturers for melon trees pest control: T<sub>0</sub>: Water; T<sub>1</sub>: 0.4 grams of the commercial product (g. p. c.); T<sub>2</sub>: 0.3 g p. c.; T<sub>3</sub>: 0.03 milliliter of commercial product (ml p. c.); T<sub>4</sub>: 0.1 ml p. c.; T<sub>5</sub>: 0.33 ml p. c.; and T<sub>6</sub>: 0.1 ml p. c. ; and with one Uruçú species, the recommendations for citrus: T<sub>0</sub>: Water; T<sub>1</sub>: 0.02 g p. c.; T<sub>2</sub>: 0.01 g p. c.; T<sub>3</sub>: 0.03 ml p. c.; T<sub>4</sub>: 0.1 ml p. c.; T<sub>5</sub>: 0.33 ml p. c.; and T<sub>6</sub>: 0.02 ml p. c. The trials were arranged in a randomized design with 7 treatments, 10 replications containing 10 insects each. The bees were subjected to a topical application of 0.02 µl syrup of each treatment on the abdomen, with the aid of a syringe and then confined in plastic pots (50 ml), sealed with perforated maintenance lids, kept under environmental conditions where honey and water were offered. Observations of behavior and mortality rate of manufactured up to 96 hours. Data were analyzed in the survival analysis by GraphPad Prism (v.5 for Mac). It was calculated using a median time interval with a 95% confident interval and group differences, estimated using the Kaplan - Meier and *LogRank* test, with a significance level of  $p < 0.05$ . All chemical insecticides used in the trial significantly have reduced the stingless bees Jandaira (*M. subnitida*) and Uruçú (*M. scutellaris*).

**Keywords:** *Melipona subnitida*, *Melipona scutellaris*, Insecticides, Pollinators.

## INTRODUÇÃO

As abelhas são importantes polinizadores de diversas plantas silvestres e agricultáveis, assumindo uma grande importância ecológica e na produção de alimentos (SILVA, 2018; WOLOWSKI et al., 2018; GIANNINI (2019)). Como polinizadores generalistas, as abelhas ajudam a manter a biodiversidade de plantas nos ecossistemas naturais, uma vez que contribuem para o sucesso reprodutivo das plantas com flores, reconstituindo florestas tropicais, conservando os remanescentes, além de serem consideradas bioindicadores da qualidade ambiental (KERR, 1997; PALAZUELOS BALLIVIÁN, 2008).

No Brasil, o gênero *Melipona* Illiger (1806) tem ganho respaldo em função do seu potencial econômico e ecológico, com destaque para a espécie as espécies *Melipona subnitida* e *Melipona scutellaris*, popularmente chamadas de Jandaíra e Uruçú, respectivamente. São abelhas sociais nativas, também conhecidas como “abelhas indígenas sem ferrão”, ou meliponínios, naturalmente encontradas em ampla distribuição no Nordeste brasileiro, principalmente em criações racionais (MAIA et al., 2015).

Estas abelhas são inofensivas, e compõem a maioria das espécies criadas em meliponários nas Mesorregiões do Sertão e Agreste do Estado da Paraíba, por oferecerem produtos e subprodutos valorizados economicamente, tais como, mel, pólen, própolis e geoprópolis, devido as suas características antimicrobianas (ESCOBAR e XAVIER, 2013; NISHIO et al, 2014; CABRAL, 2014; MAIA et al., 2015), gerando renda adicional para a agricultura familiar, fortalecendo a meliponicultura, que impulsionou sua criação racional e manejo (MAGALHÃES e VENTURIERI, 2010), tornando-as importante também no setor socioeconômico (MARTINI et al., 2015).

Os meliponários geralmente são estabelecidos em áreas próximas aos campos de produção agrícola, que por sua vez tem a contribuição no serviço de polinização pelas abelhas (SILVA et al., 2015), uma relação mútua entre plantas-inseto, resultando no aumento na fonte de recursos florais para as abelhas. No entanto, vários meliponicultores de diferentes mesorregiões do Estado da Paraíba, em especial o Sertão e o Agreste, têm relatado baixa produtividade da meliponicultura, e alegam que este fato pode estar associado à alta mortalidade das abelhas, devidos a causas ainda desconhecidas.

Na região da Serra do mel no Estado do Rio Grande do Norte, Araújo et al. (2013), detectaram que entre os anos de 2012 e 2013, houve uma perda de 67,14% de enxames de abelhas sem ferrão naquela área. Sabe-se que esta região é uma das maiores produtoras de

Cajueiro do Nordeste (FRANÇA e NUNES, 2019), e o Estado é um dos maiores produtores de melão (REETZ et al., 2015), e para o manejo de pragas destas culturas geralmente se recomenda inseticidas neonicotinoides, conforme o inseto a ser controlado. Logo, provavelmente, o alto índice de mortalidade dos exames pode estar associado a utilização destes inseticidas, uma vez que, segundo Araújo et al. (2018), este ingrediente é altamente tóxico a outro grupo de abelhas, a espécie *Apis mellifera*.

No Estado da Paraíba, não é diferente, inseticidas que são utilizados no cultivo do meloeiro *Cucumis melo* L. e de *Citrus* spp. também são empregados para o controle de diversas espécies de insetos pragas, devido estas culturas serem frequentemente injuriadas por afídeos e minadores. Com base nestas informações, surgiu a hipótese de que a utilização de inseticidas para o controle de pragas nestes cultivos seria uma das prováveis causas do colapso das colmeias de *M. subnitida* e *M. scutellaris*, espécies encontradas nos meliponários nas regiões supracitadas, aonde há uma alta ocorrência de mortalidade de abelhas, também relatada por criadores.

A contaminação das abelhas por estes inseticidas poderia ocorrer no momento da coleta de néctar e pólen das flores, possivelmente contaminados por inseticidas sistêmicos, que se retém nos tecidos das plantas, podendo contaminar indiretamente toda a colmeia de abelhas que consumir o mel proveniente de recursos contaminados; ou no contato direto com moléculas químicas suspensas no ar, que ficam retidas nos pelos superficiais de seu corpo ou são inaladas e aderidas em seu aparelho respiratório (BONZINI et al., 2011), causando intoxicação.

A intoxicação de abelhas por moléculas químicas inseticidas é um problema que ocorre em todo o mundo. Vários autores tem discutido o efeito deletério de diversos inseticidas sobre as abelhas, alegando que estes podem causar a morte imediata e alterações fisiológicas, que podem diminuir a longevidade das abelhas contaminadas, mesmo por pequenas concentrações (WHITEHORN et al., 2012; PALMER et al., 2013; PACÍFICO DA SILVA et al., 2015; DORNELES, 2015; ARAÚJO et al., 2018). No entanto, a maioria dos resultados tem como objeto de estudo a abelha africanizada *A. mellifera*, tornando necessário a verificação da toxicidade também sobre outros grupos de abelhas, como o dos meliponínios, que também estão inseridos nos agroecossistemas.

Considerando os possíveis danos colaterais que os inseticidas podem causar às abelhas e a necessidade de conservação desses insetos nos agroecossistemas, objetivou-se com este

trabalho avaliar a toxicidade dos principais inseticidas utilizados para o controle de pragas nas culturas do meloeiro (*C. melo*) e de *Citrus spp.* sobre operárias de abelhas sem ferrão *M. subnitida* e *M. scutellaris*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local dos experimentos

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Entomologia do Centros de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus de Areia – PB.

### Obtenção e seleção dos insetos para experimentação

Espécimes de abelhas *M. subnitida* e *M. scutellaris* foram coletadas nos ninhos contidos em caixas de criação oriundas de meliponários da região de Areia – PB. A seleção dos cortiços de onde as abelhas foram retiradas para experimentação seguiram alguns critérios, tais como: o aspecto geral da população, sendo adequadas aquelas que apresentaram todos os espaços do ninho configurados para produção de formas jovens (crias); uma quantidade de abelhas adultas no interior capaz de cobrir 1/3 da área de criação, e uma atividade de coleta de alimentos que resulte em um fluxo de retorno do campo acima de vinte e cinco abelhas por minuto.

Para experimentação, foram coletadas diretamente das caixas selecionadas, abelhas operárias na fase adulta de ambas as espécies.

### Preparo dos experimentos e Delineamento experimental

Foram conduzidos dois ensaios paralelos, um com abelhas operárias da espécie *M. subnitida* (Ensaio I), e outro com abelhas operárias da espécie *M. scutellaris* (Ensaio II), coletadas aleatoriamente diretamente dos seus respectivos ninhos.

Nos experimentos, foram feitos testes toxicológicos de cinco inseticidas químicos, um defensivo biológico e um tratamento testemunha (água). Os produtos utilizados foram comuns aos dois experimentos, e foram constituídos de doses medianas dos produtos, conforme recomendação dos fabricantes, para o manejo de pragas mais comuns nos cultivos do meloeiro, ensaio I, e do *Citrus spp.*, ensaio II (Tabela 1), aproximando-se do que ocorre nas

aplicações em campo. Tendo assim diferentes dosagens, uma vez que o fabricante varia a dosagem conforme a cultura e a praga a ser controlada.

**Tabela 1:** Grupo Químico, Ingrediente Ativo e Doses dos inseticidas utilizados em testes de toxicologia sobre abelhas sem ferrão *Melipona subnitida* (Ensaio I) e *Melipona scutellaris* (Ensaio II). Areia – PB, 2019.

Grupo Químico	Ingrediente ativo	Concentração empregada (em 100 ml de H <sub>2</sub> O)	
		Ensaio I	Ensaio II
Neonicotinóide	Tiametoxam	0,4 g p. c.	0,02 g p. c.*
	Imidacloprido	0,3 g p. c.	0,01 g p. c.
Piretroide	Deltametrina	0,03 ml p. c.	0,03 ml p. c.**
	Bifentrina	0,1 ml p. c.	0,02 ml p. c.
Organofosforado	Clorpirifós	0,1 ml p. c.	0,1 ml p. c.
Biológico	<i>Bacillus thuringiensis</i>	0,33 ml p. c.	0,33 ml p. c.

\*g p. c.= grama do produto comercial. \*\*ml p. c.= mililitros do produto comercial.

Cada ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso com sete tratamentos, onde cada tratamento foi distribuído em dez repetições, com a parcela constituída por dez insetos.

Para os teste de toxicologia, confinadas em potes plásticos com capacidade para 50 ml, vedados com tampa perfurada para ventilação. Nestes potes plásticos, as abelhas foram submetidas à exposição dos produtos usando-se uma técnica de aplicação tópica, com a utilização de uma seringa, aonde foi aplicado o conteúdo de aproximadamente 2 µl de calda química no abdômen de cada abelha, assemelhando uma provável situação de contaminação em superfície contendo resíduo de calda química, ou contato direto via pulverização em campo.

Após a contaminação, os potes plásticos contendo as abelhas foram mantidos em condições ambientes (Temperatura  $\pm 27^{\circ}\text{C}$ , Umidade Relativa  $\pm 70\%$ ). Foi ofertado mel, específico de cada espécie, para alimentação e água embebida em algodão hidrófilo.

Para análise dos dados obtidos, nos dois ensaios, os horários de observação foram padronizados, finalizando quando a mortalidade fosse de 100%, tendo o tratamento testemunha como referência. Para as observações, obedeceu-se o intervalo de uma; duas; três; quatro; cinco; seis; nove; 12; 15; 18; 21; 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72 e 96 horas, após o início da

exposição das abelhas aos produtos, sendo as observações iniciais constantes, até as primeiras 3 horas, para avaliação comportamental dos insetos, metodologia adaptada conforme proposta por Baptista et al, 2009.

Nas avaliações, foi contabilizada a taxa de mortalidade; para isso, levou-se em consideração as abelhas que não apresentaram movimentos no momento das observações, mesmo quando tocadas com auxílio de um pincel de ponta fina.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de sobrevivência, efetuadas através da contagem de abelhas operárias mortas no intervalo determinado. A análise estatística foi realizada por meio do programa GraphPad Prism (v.5 for Mac). A mediana do tempo de sobrevivência com intervalo confiança de 95%, e diferenças significativas entre grupos foram estimados usando teste de Kaplan–Meier seguido por *LogRank* test. O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

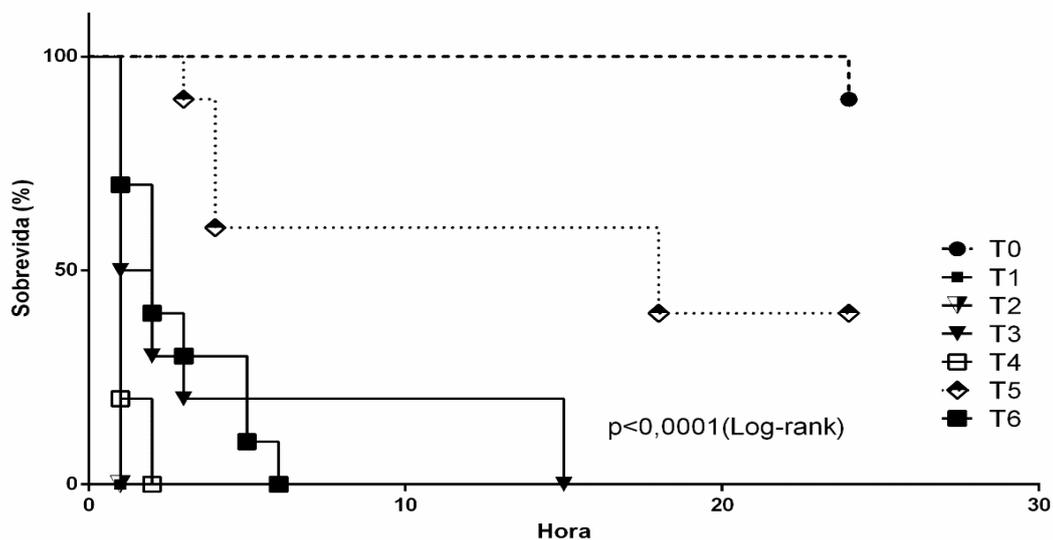
### Toxicidade de inseticidas aplicados topicamente sobre *M. subnitida*

Todos os inseticidas químicos avaliados foram tóxicos à abelha sem ferrão Jandaíra *M. subnitida*. Observa-se que, até 24 horas após a submissão dos insetos a aplicação tópica com as caldas contendo a dosagem mediana dos produtos indicadas pelos fabricantes, ocorreu significativo número de mortalidade das abelhas em relação ao tratamento testemunha (Figura 1).

Uma hora após a aplicação, os tratamentos com os inseticidas Neonicotinoides Tiametoxam e Imidacloprido ocasionaram 100% de mortalidade das abelhas (Figura 1). Durante as primeiras horas, as abelhas apresentaram distúrbios como incapacidade de voo, paralisia, desorientação e prostração, com movimentação intensa apenas nos segmentos tarsais, sintomas característicos de intoxicação também observados por Araújo et al. (2018), em ensaios de toxicidade com estes produtos sobre *A. mellifera*.

Alta toxicidade às abelhas também foi observada nos tratamentos com os inseticidas Organofosforados e Piretróides (Clorpirifós; Bifentrina e Deltametrina, respectivamente), aonde as abelhas apresentaram crescente índice de mortalidade, no intervalo entre duas e nove horas, após contato com suas moléculas químicas, totalizando em 100% das abelhas mortas (Figura 1).

Os ingredientes ativos Tiametoxam, Imidacloprido e Clorpirifós se apresentaram mais tóxico em um menor espaço de tempo, com mediana de sobrevivida das abelhas de uma hora, enquanto que Deltametrina e Bifentrina apresentaram mediana de sobrevivida de 1,5 e duas horas, respectivamente; porém, não houve diferença significativa desta variável entre ambos os tratamentos (Tabela 2). A maior taxa de sobrevivência foi observada no tratamento com o defensivo biológico, à base de *B. thuringiensis*, que, por sua vez, apresentou uma mediana de sobrevivida de 18 horas (Tabela 2), aonde 69% das abelhas morreram em até 96 horas, após a aplicação, diferindo dos tratamentos químicos, não havendo diferença significativa quando comparada ao tratamento testemunha (Figura 1).



**Figura 1.** Sobrevivência em (%) de operárias de abelhas sem ferrão Jandaíra (*Melipona subnitida*) contaminadas por aplicação tópica de caldas com os inseticidas com os ingredientes ativos (i. a.) Tiametoxam, Imidacloprido, Deltametrina, Bifentrina, Clorpirifós e *Bacillus thuringiensis*, nas doses medianas recomendadas pelos fabricantes para a cultura do melão. Nota: T<sub>0</sub>: Tratamento Testemunha, calda constituída de água natural tratada; T<sub>1</sub>: Tiametoxam (0,4 g p.c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O); T<sub>2</sub>: Imidacloprido (0,3 g p.c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O); T<sub>3</sub>: Deltametrina (0,03 ml p.c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O); T<sub>4</sub>: Clorpirifós (0,1 ml p.c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O); T<sub>5</sub>: *Bacillus thuringiensis* (0,33 ml p.c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O) e T<sub>6</sub>: Bifentrina (0,1 ml p.c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O). Areia – PB, 2019.

**Tabela 2.** Mediana de sobrevivência (horas) de abelhas sem ferrão Jandaíra (*Melipona subnitida*) contaminadas por aplicação tópica de calda química com os inseticidas Neonicotinoides [Tiametoxam (T<sub>1</sub>) e Imidacloprido (T<sub>2</sub>)], Piretróides [Deltametrina (T<sub>3</sub>) e Bifentrina (T<sub>6</sub>)], Organofosforado [Clorpirifós (T<sub>4</sub>)] e Biológico [*Bacillus thuringiensis* (T<sub>5</sub>)], nas doses medianas recomendadas pelos fabricantes para a cultura do melão. Areia – PB, 2019.

Grupos experimentais	Mediana de sobrevivência (horas)
T <sub>0</sub>	-
T <sub>1</sub>	1,0 B
T <sub>2</sub>	1,0 B
T <sub>3</sub>	1,5 B
T <sub>4</sub>	1,0 B
T <sub>5</sub>	18,0 A
T <sub>6</sub>	2,0 B

A, B: Letras maiúsculas diferentes na coluna significam diferença estatística ( $p < 0,05$  – *LogRank*).

#### Toxicidade de inseticidas aplicados topicamente sobre *M. scutellaris*

Todos os inseticidas químicos avaliados causaram mortalidade significativa da abelha sem ferrão Uruçú (*M. scutellaris*), em menos de 24 horas após sua, via aplicação tópica com as calda química contendo a dosagem mediana dos produtos, indicadas pelos fabricantes para o controle de pragas do citros (Figura 2). O defensivo biológico à base de *B. thuringiensis* apresentou-se inócuo a esta espécie.

Após 15 minutos do contato das abelhas com as moléculas químicas dos inseticidas Neonicotinoides, com ingredientes ativos Tiametoxam e Imidacloprido, pôde-se observar que as abelhas apresentaram sintomas de intoxicação como tremores, paralisia e prostração, fazendo com que as abelhas permanecessem no fundo dos potes, sem se alimentar. Uma hora após a aplicação dos inseticidas, Tiametoxam provocou mortalidade de 80% das abelhas; duas horas após, causou 100% de mortalidade (Figura 2). O inseticida à base de Imidacloprido também foi tóxico, logo nas primeiras horas, causando mortalidade de 70% após duas horas, 100% após três horas. Estes dois inseticidas apresentaram mediana de sobrevivência de uma e duas horas, respectivamente, demonstrando alta toxicidade quando aplicados topicamente sobre a abelha sem ferrão Uruçú (Tabela 3).

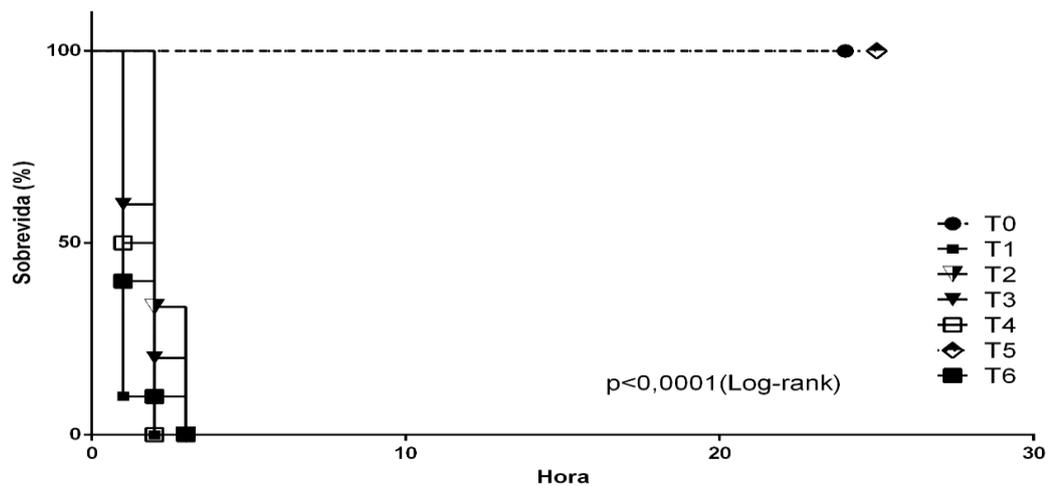
O inseticida Piretróide, com ingrediente ativo Deltametrina, causou mortalidade significativa à abelha Uruçú, principalmente em comparação a abelha Jandaíra, demonstrando

um risco maior de intoxicação para estas abelhas, uma vez que este produto é largamente utilizado em áreas de cultivos de citros, predominante na Região Agreste da Paraíba. Após uma hora da aplicação, este inseticida causou a mortalidade de 40% das abelhas tratadas, avançando para 80%, após duas horas e para 100%, após cinco horas, com mediana de sobrevivência de duas horas (Tabela 3).

O inseticida Organofosforado, com ingrediente ativo Clorpirifós, também se apresentou tóxico à abelha Uruçú, provocando mortalidade de 100% das abelhas em até duas horas após sua aplicação, sendo tão tóxico quanto o inseticida Tiametoxam (Figura 2), apresentando uma mediana de sobrevivência de 1,5 hora.

No tratamento com o ingrediente ativo Bifentrina, os sintomas de intoxicação (prostração, paralisia e tremores) também foram observados nas primeiras horas, aonde as abelhas ficaram na parte basal dos potes, sem se alimentar, comportamento este também observado no tratamento com o ingrediente ativo Deltametrina, ambos do grupo químico Piretróide. Em uma hora, após o contato direto com sua molécula química, 63% da população de abelhas morreram, sendo que, após três horas, todas as abelhas estavam mortas (Figura 2), apresentando uma mediana de sobrevivência de uma hora (Tabela 3).

Entre todos os inseticidas testados, o inseticida biológico à base de *B. thuringiensis* foi o único considerado inócuo a abelha Uruçú, uma vez que 96 horas após a exposição, apenas 5% das abelhas haviam morrido.



**Figura 2.** Sobrevivência em (%) de operárias de abelhas sem ferrão Uruçú (*Melipona scutellaris*) contaminadas por pulverização direta de caldas com os inseticidas com os ingredientes ativos Tiametoxam, Imidacloprido, Deltametrina, Bifentrina, Clorpirifós e *Bacillus thuringiensis*, nas doses medianas recomendadas pelos fabricantes para a cultura do melão. Nota: T<sub>0</sub>: Tratamento Testemunha, calda constituída de água natural tratada; T<sub>1</sub>: Tiametoxam (0,02 g p. c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O); T<sub>2</sub>: Imidacloprido (0,01 g p. c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O); T<sub>3</sub>: Deltametrina (0,03 ml p. c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O); T<sub>4</sub>: Clorpirifós (0,1 ml p. c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O); T<sub>5</sub>: *Bacillus thuringiensis* (0,33 ml p. c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O) e T<sub>6</sub>: Bifentrina (0,02 ml p. c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O). Areia – PB, 2019.

**Tabela 3.** Mediana de sobrevivida (horas) de abelhas sem ferrão Uruçú (*Melipona scutellaris*) contaminadas por aplicação tópica de caldas químicas com os inseticidas Neonicotinoides [Tiametoxam (T<sub>1</sub>) e Imidacloprido (T<sub>2</sub>)], Piretróides [Deltametrina (T<sub>3</sub>) e Bifentrina (T<sub>6</sub>)], Organofosforado [Clorpirifós (T<sub>4</sub>)] e Biológico [*Bacillus thuringiensis* (T<sub>5</sub>)], nas doses medianas recomendadas pelos fabricantes para a cultura do melão. Areia – PB, 2019.

Grupos experimentais	Mediana de sobrevivida (horas)
T <sub>0</sub>	-
T <sub>1</sub>	1 B
T <sub>2</sub>	2 A
T <sub>3</sub>	2 A
T <sub>4</sub>	1,5 B
T <sub>5</sub>	-
T <sub>6</sub>	1,0 B

A, B Letras maiúsculas diferentes na coluna significa diferença estatística ( $p < 0,05$  – LogRank)

## DISCUSSÃO

Considerando os resultados, pode-se compreender a importância dos problemas ambientais que estes inseticidas podem ocasionar, uma vez que intoxicações de abelhas *M. subnitida* e *M. scutellaris*, em condições laboratoriais, foram observados.

Os inseticidas químicos Neonicotinóides (Tiametoxam e Imidacloprido), Piretróides (Deltametrina e Bifentrina) e o Organosfosforado (Clorpirifós) são geralmente indicados para o controle de insetos sugadores e brocas causadores de injúrias e danos na cultura do meloeiro e de citros. A susceptibilidade das abelhas Jandaíra e Uruçú a estes inseticidas é enxergada como um problema alarmante, uma vez que estas abelhas estão inseridas indiretamente nos sistemas de produção destes cultivos, e a aplicação destes produtos têm sido feita demasiadamente pelos agricultores, que por sua vez não possuem conhecimento suficientes a respeito dos efeitos deletérios paralelos a sua má utilização, e desconhecem que as aplicações inadequadas estão diretamente associadas ao alto índice de mortalidade das abelhas dos seus meliponários, como por eles relatados, uma vez que muitos dos produtores de melão e citros também são meliponicultores.

A utilização destes inseticidas nos cultivos, muitas vezes, são eficazes contra os insetos-pragas; no entanto, as aplicações, quando feitas em horários inoportunos ou em inadequadas fases fenológicas das plantas, como floração, podem contaminar insetos não alvos, e por não apresentarem seletividade às abelhas *M. subnitida* e *M. scutellaris*, estes se tornam integrantes da lista de inseticidas tóxicos à polinizadores, em especial a estas abelhas, confirmando que inseticidas se enquadram num potencial fator do desaparecimento de abelhas na natureza, conforme mencionado por Keer et al. (2001).

Em ambos os ensaios, pôde-se observar ainda que há uma semelhança entre a toxicidade dos inseticidas testados sobre as duas espécies de abelhas, mesmo que em diferentes dosagens, aonde todos intoxicam imediatamente, causando a morte das abelhas em poucas horas. Além disso, os sintomas de intoxicação que foram apresentados não permitiriam que estas abelhas retornassem para seus ninhos, pois a paralisia e prostração em campo, por exemplo, exporia estas abelhas a inimigos naturais como formigas, anfíbios e répteis, que as devorariam facilmente, podendo provavelmente desencadear uma intoxicação generalizada em toda a cadeia alimentar, via resíduos contidos nas próprias abelhas.

Os inseticidas neonicotinóides (Tiametoxam e Imidacloprido) são inseticidas neurotóxicos, atuam no sistema nervoso central dos insetos como agonistas da acetilcolina nos receptores nicotínicos pós-sinápticos (NAUEN et al., 2001). Na sinapse nervosa, ao contrário

da acetilcolina, que é hidrolisada pela enzima Acetilcolinesterase nos receptores nicotínicos, a molécula dos neonicotinoides não são degradadas imediatamente, assim os impulsos nervosos são transmitidos continuamente, levando à hiperexcitação do sistema nervoso, podendo causar um colapso nesse sistema e conseqüentemente a morte do inseto. Tais sintomas foram observados nas abelhas Jandaíra e Uruçú, neste trabalho, quando expostas a estes inseticidas via contato tópico.

Estes resultados também foram relatados por Araújo et al. (2018), que ao expor abelhas *A. mellifera* aos inseticidas Tiametoxam e Imidacloprido, nas maiores e menores dosagens recomendadas pelos fabricantes para cultura do melão, constataram alta toxicidade destes ingredientes ativos a esta espécie. Resultado semelhante foi observado por Soares (2012), ao avaliar a toxicidade de Imidacloprido sobre a abelha sem ferrão *Scaptotrigona postica*, relatando sintomas de intoxicação como hiperexcitação, paralisia e desorientação, resultados também identificados no presente trabalho; e por Whitehorn et al. (2012), que constataram redução no desenvolvimento biológico e da colônia, bem como na produção de rainhas de *Bombus terrestris*, devido ao efeito tóxico do inseticida neonicotinoide Imidacloprido.

As dosagens utilizadas nos ensaios com Tiametoxam foram de 0,4 e 0,02 g p. c. / 100 ml de H<sub>2</sub>O, no entanto estas dosagens podem alcançar a marca de 600 g p. c./ ha, e quanto maior a dosagem, menor o Tempo Letal para abelhas, como se pode observar nas tabelas 2 e 3. Costa et al. (2014) avaliaram o efeito tóxico da maior dose de Tiametoxam indicada pelos fabricantes para o controle de pragas em meloeiro, e Carvalho et al. (2009) para o citros, ambos via aplicação tópica sobre *A. mellifera*, e relataram alto índice de mortalidade desta abelha em poucas horas, considerando o inseticida como extremamente tóxico. Neste trabalho, o mesmo ingrediente ativo teve a mesma consideração sobre abelhas ferrão.

Assim como os inseticidas neonicotinoides, o organofosforado e os piretróides avaliados foram considerados tóxicos para ambas as espécies de abelhas sem ferrão, em virtude da mediana de sobrevivência ser muito baixa. Os testes com estes inseticidas tem levado em consideração concentrações arbitrárias de possíveis contaminações. Neste estudo, as concentrações são àquelas aplicadas no campo, segundo as recomendações do fabricante, onde as menores doses são indicadas para serem aplicadas quando os insetos estão em fase de estabelecimento no cultivo, e as maiores doses quando o nível de população atingir níveis mais elevados de controle da praga, tanto na cultura do meloeiro, quanto na de citros. No entanto, não é o que ocorre na campo, onde os agricultores aplicam de qualquer forma, e muitas vezes, não obedecendo o nível de controle do Manejo Integrado de Pragas.

Com ação também neurotóxica (REHMAN e WALIULLAH, 2012), os organofosforados atuam como inibidores da atividade da Acetilcolinesterase, enzima que atua no mecanismo de transmissão de impulsos nervosos, ou sinapse nervosa, que pode causar um colapso nervoso e conseqüentemente a morte de abelhas (HOPWOOD et al., 2012; CARILLO et al., 2013; STONER e EITZER, 2013; SILVA et al., 2015), e por isso este inseticida é tão perigoso para o meio ambiente. Para Dorneles (2015), o ingrediente ativo Clorpirifós, em baixas concentrações, na DL<sub>50</sub> 0,0033 - 0,0110 µg i.a./abelha, é o suficiente para intoxicar e matar abelhas sem ferrão *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragonisca fiebrigi*, respectivamente, em poucas horas, através dos testes de exposição tópica e oral, sendo classificado como altamente tóxico para estas abelhas. Logo, com os resultados do presente trabalho, é possível acrescentar mais duas espécies sensíveis a ação deste inseticida.

Enquanto que os os inseticidas neonicotinoides e o organofosforado são inseticidas que atuam como agonistas e inibidores de neurotransmissores e receptores, respectivamente, os piretróides possuem mecanismos de ação diferentes. Conforme a BULA dos produtos comerciais estdados, o Bifentrina atua alterando os canais de sódio em membranas de células nervosas, causando descargas neuronais repetidas e um período maior de repolarização do axônio da célula nervosa, o que justificaria a paralisia e os tremores observados nas abelhas Jandaíra e Uruçú tratadas com este inseticida (FMC, 2019); enquanto que o Deltametrina atua nos receptores do ácido gama-aminobutírico (GABA), provocando uma queda no potencial de amplitude de ação, marcada pela despolarização de membranas e eventual bloqueio total da atividade neural, e por isso o sintoma de paralisia e morte das abelhas, também verificadas no presente trabalho (BAYER, 2019).

O ingrediente ativo Bifentrina foi também considerado altamente tóxico nos testes realizados com abelhas adultas de *A. mellifera* por Dorneles et al. (2017) e por Carmo et al. (2017), na dosagem de 80 ml/ha via oral, e na dosagem de 0,05 g de ingrediente ativo/L via contato, respectivamente. Para Dai et al. (2010), doses subletais, 16,7 e 62,8 mg/L dos ingredientes ativos Bifentrina e Deltametrina, respectivamente, são o suficiente para reduzir o desenvolvimento biológico e a fecundidade das abelhas *A. mellifera ligustica*, via alimentação. Em estudos realizados por Del Sarto (2009), Deltametrina apresentou alta toxicidade tanto para *A. mellifera* quanto para a abelha sem ferrão *Melipona quadrifasciata*, quando ingerido, e menos tóxico quando aplicado via tópica, mas causando mortalidade significativa destas abelhas.

É notório que a ação inseticida destes agrotóxicos em abelhas é associada a susceptibilidade destas às moléculas químicas, aonde ambas, por atuarem em sítios de ligação

específicos, degeneram enzimas, células e tecidos, provocando distúrbios fisiológicos generalizados, matando-as antes que possam metaboliza-las. Para Araújo (2017), por exemplo, o inseticida Neonicotinoide Tiametoxam, pode diminuir a atividade, principalmente tecidual, visto que tem como sítio de ação os receptores nicotínicos a acetilcolina, afetando diretamente a enzima Acetilcolinesterase, o que compromete a sanidade da abelha *M. scutellaris*. Badawy et al. (2014) também observaram redução da atividade desta enzima em *A. mellifera*, após exposição aos inseticidas acetamiprido e dinotefuran, outros dois neonicotinoides. Miotelo (2017), em análises morfológicas de abelhas sem ferrão *M. scutellaris*, associou a toxicidade de Tiametoxam a alterações no núcleo e nas mitocôndrias das células nervosas do cérebro, e danos em órgãos destas abelhas, de modo que ocorre comprometimento na sua fisiologia, e conseqüentemente sua morte. Para Rodrigues (2015), o inseticida Tiametoxam provoca aumento da dilatação dos espaços intercelulares nas células de Kenyon dos corpos pedunculados de *M. scutellaris*, sugerindo processo de morte celular por apoptose, o que elucidaria os efeitos deletérios de intoxicação causadores da morte destas abelhas.

Uma das alternativas ao uso de inseticidas químicos é a utilização de produtos biológicos. No entanto, conforme os resultados obtidos, a bactéria *Bt* ainda causou mortalidade de abelhas Jandaíra, e foi inócua para Uruçú. É preocupante, pois esta bactéria é a base da tecnologia dos transgênicos e pode estar também sendo um causador da mortalidade de abelhas sem ferrão Jandaíra em campo.

O inseticida *Bt* é geralmente utilizado via pulverização das folhas e ramos vegetais, e tem como mecanismos de contaminação a ingestão de tecidos vegetais tratados, mas seus efeitos foram observados via tópica em abelhas. Libardoni et al. (2018) constataram que diferentes linhagens de *Bt* reduziram a longevidade de *A. mellifera*, quando em contato via pulverização, mas obteve resultados promissores de seletividade entre as linhagens. Para Potrich et al. (2018), a linhagem kurstaki HD-1 reduziu a longevidade de *A. mellifera* em várias formas de contato com os esporos de *Bt*. Abreu (2015) relatou que o pólen transgênico de cultivares de milho causaram aumento na área de desenvolvimento de crias aberta e redução na área de desenvolvimento de crias operculada, bem como redução no peso de pupas e diminuição gradativa da taxa de comportamento higiênico em *A. mellifera*. Estes resultados corroboram com os observados no ensaio com *M. subnitida*, mas diferem dos resultados com *M. scutellaris*, em virtude da mortalidade observada.

Diante destes resultados, sugere-se que medidas devam ser tomadas, visando a redução da exposição das abelhas aos inseticidas testados, principalmente na fase de

florescimento da cultura, priorizando a aplicação durante a noite ou adiantado crepúsculo, quando as abelhas não estiverem mais visitando as flores, ou nos horários de temperaturas mais elevadas do dia, período de menor atividade de forrageamento das abelhas. Além disso, que se apliquem inseticidas seletivos para insetos benéficos, como os polinizadores, em especial as abelhas.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, L. **Interferência do pólen de milho geneticamente modificado em colônias de *Apis mellifera* e detecção da ocorrência de proteínas transgênicas em mel.** Florianópolis, SC, 107p. 2015. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina – SC, 2015.
- ARAÚJO, W. L.; GODOY, M. S.; MARACAJÁ, P. B.; MEDEIROS, A. C.; CARLOS, A. D.; SILVEIRA, D. C.; MEDEIROS, A. P.; PAIVA, A. C. Toxic effects of neonicotinoids on *Apis mellifera* L. workers (hymenoptara: apidae). **International Journal of Development Research**, v.8, n.05, p.20608-20612. 2018.
- ARAÚJO, J. F. **Efeitos isolados e combinados dos inseticidas fipronil e tiametoxam para a abelha brasileira *Melipona scutellaris* Latreille, 1811. (Hymenoptera, Apidae).** 94f. 2017. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) Universidade Federal de São Carlos Araras – SP, 2017.
- ARAÚJO, I. I. M.; LIRA, G. A.; BORBA, L. H. F.; PEREIRA, D. S. Caracterização das espécies melíponas e perdas de enxames nas agrovilas da Serra do Mel – RN. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.3, n.2. 2013.
- BADAWY, M. E. I.; NASR, H. M.; RABEA, E. I. Toxicity and biochemical changes in the honey bee *Apis mellifera* exposed to four insecticides under laboratory conditions. **Apidologie**, v. 46, n. 2, p. 177-193, 2014.
- BAPTISTA, A. P. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, S. M.; CARVALHO, C. F.; BUENO FILHO, J. S. S. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados em citros para *Apis mellifera*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p.955-961, jul., 2009.
- BAYER S.A. **Decis 25 EC®** Disponível em: < <https://www.agro.bayer.com.br/produtos/decis> > Acesso em: 20 de março de 2019.
- BONZINI, S.; TREMOLADA, P.; BERNARDINELLI, I. et al. Predicting pesticide fate in the hive (part 1): experimentally determined  $\tau$ -fluvalinate residues in bees, honey and wax. **Apidologie**, v.42, p.378-390, 2011.
- CABRAL, V. A. **Atividade antimicrobiana do mel e geoprópolis de abelha uruçú (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811).** João Pessoa, 44f. 2014. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, PB. 2014.

- CARILLO, M. P.; BOVI, T. S.; NEGRÃO, A. F.; ORSI, R. O. Influence of agrochemicals fipronil and imidacloprid on the learning behavior of *Apis mellifera* L. honeybees. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v. 35, n. 4, p. 431-434, 2013.
- CARMO, D. G.; MARSARO JÚNIOR, A. L.; COSTA, T. L.; FARIAS, E. S.; RIBEIRO, A. V.; PICANÇO, M. C. Toxicidade de inseticidas comerciais, por ação de contato, para *Apis mellifera*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1. 2017, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p.145-148.
- CARVALHO, S. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; BUENO FILHO, J. S. S.; BAPTISTA, A. P. M. Toxicidade de acaricidas/ inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae). **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v.76, n.4, p.597-606, out./dez., 2009.
- 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**, Paris. v. 45, p. 34-44. 2014.
- DAI, P.; WANG, Q.; SUN, J.; LIU, F.; WANG, X.; WU, Y.; ZHOU, T. Effects of sublethal concentrations of bifenthrin and deltamethrin on fecundity, growth, and development of the honeybee *Apis mellifera ligustica* **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.29, n.3, p.644–649, 2010.
- DEL SARTO, M. C. L. **Toxicidade de inseticidas para as abelhas *Melipona quadrifasciata* e *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)**. 2009. 64p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Curso de Pós-graduação em Entomologia, Universidade Federal de Viçosa – MG, 2009.
- DORNELES, A. L.; VICARI, C. C.; CARVALHO, F. G.; ARONI SATTTLER, A.; BLOCHTEIN, B.; ALBERTO LUIZ MARSARO JÚNIOR, A. M. Toxicidade oral aguda de inseticidas utilizados em brassicaceae para *Apis mellifera*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p.129-135.
- DORNELES, A. L. **Toxicidade de inseticidas organofosforados para as abelhas sem ferrão *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragonisca fiebrigi***. Porto Alegre – RS. 60f. 2015. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – RS, 2015.

DORNELES, A. L. Toxicidade de inseticidas organofosforados para as abelhas sem ferrão *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragonisca fiebrigi*. Porto Alegre – RS. 60f. 2015. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – RS, 2015.

ESCOBAR, A. L. S.; XAVIER, F. B. Propriedades fitoterápicas do mel de abelhas. **Revista Uningá**, Maringá – PR, n.37, p. 159-172, 2013.

FMC Corporation **Talstar 100 EC®**. Disponível em: <[http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Inseticidas/TALSTAR\\_100\\_EC\\_2018.pdf](http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Inseticidas/TALSTAR_100_EC_2018.pdf)> Acesso em: 20 de maio de 2019.

FRANÇA, A. R. M.; NUNES, E. M. **Castanha de Caju: o ouro de Serra do Mel no Sertão brasileiro**. Disponível: <<http://fidamercosur.org/claeh/experiencias/experiencias-en-la-regi%C3%B3n/979-castanha-de-caju-o-ouro-de-serra-do-mel-no-sert%C3%A3o-brasileiro?fbclid=IwAR1P5BSaSbZd3hQKBx3dgGCKPyhVAyDIqtPnkkmOAKlhq7PZmKmlgAVTvEg>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2019.

GALZER, E. C. W.; AZEVEDO FILHO, W. S. Utilização do *Bacillus thuringiensis* no controle biológico de pragas. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**. v.1, n.1, 2016.

GIANNINI, T. C. **Abelhas polinizadoras importantes para a agricultura brasileira**. Disponível em: <<https://abelha.org.br/abelhas-polinizadoras-importantes-para-a-agricultura-brasileira/>> Acesso em: 15 de janeiro 2019.

HOPWOOD, J.; VAUGHAM, M.; SHEPHERD, M.; BIDDINGER, D.; MADER, E.; BLACK, S. H.; MAZZACANO, C. **Are neonicotinoids killing bees?** A review of research into the effects of neonicotinoid insecticides on bees, with recommendations for actions. The Xerces Society for Invertebrate Conservation, Portland, 2012, 44 p.

KERR, W. E. A importância da meliponicultura para o país. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. v.1, p.42-44, 1997.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; SILVA, A. C.; ASSIS, M. G. P. **Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica**. Parcerias Estratégicas, v. 6, n. 12, p. 20-41, 2001.

LIBARDONI, G.; GOUVEA, A.; COSTA-MAIA, F. M.; LOZANO, E. R.; FREITAS, P. F.; COLOMBO, F. C.; RAULINO, F.; MACIEL, R. M. A.; POTRICH, M. Effect of different *Bacillus thuringiensis* strains on the longevity of Africanized honey bee. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 329-338, 2018.

- MAIA, U. M.; JAFFE, R.; AIRTON TORRES CARVALHO, A. T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Meliponicultura no Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v.37, n.4, p.327-333. 2015.
- MAGALHÃES, T. L.; VENTURIERI, G. V. **Aspectos econômicos da criação de abelhas indígenas sem ferrão (Apidae: Meliponini) no Nordeste paraense**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 36 p.
- MARTINI, R. P.; PFÜLLER, E. E.; MARTINS, E. C. Importância ambiental das abelhas sem ferrão. **Revista de Agronomia e Medicina Veterinária IDEAU**, v. 02, n. 04, p. 123-126, 2015.
- MIOTELO, L. **Proteção de polinizadores: Toxicidade do tiametoxam para *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. 2017. 48f. Monografia (Bacharel e licenciado em Ciências Biológicas) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 2017.
- NAUEN, R.; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; ELBERT, A.; JESCKE, P.; TIETJEN, K. Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides. In: Ishaaya, I. **Biochemical sites in Insecticide action and Resistance**. New York, p. 77-105. Jan., 2001a.
- NISHIO, E. K.; RIBEIRO, J. M.; KOBAYASHI, R. K. T.; OLIVEIRA JUNIOR, A. G.; PRONI, E. A.; NAKAZATO, G. Avaliação do efeito do mel de *Scaptotrigona bipunctata* (lepeletier, 1836) sobre *Staphylococcus aureus* meticilina-resistente através de microscopia eletrônica de varredura. In: **Anais do 12º Congresso Latinoamericano de Microbiologia e Higiene de Alimentos - MICROAL 2014** [= **Blucher Food Science Proceedings**, v.1, n.1]. São Paulo: Editora Blucher, 2014.
- PACÍFICO DA SILVA, I.; OLIVEIRA, F. A. S.; PEDROZA, H. P.; GADELHA, I. C. N.; MELO, M. M.; SOTO-BLANCO, B. Pesticide exposure of honeybees (*Apis mellifera*) pollinating melon crops. **Apidologie**, v. 46, p. 703-715. 2015.
- PALAZUELOS BALLIVIAN, J. M. P. **Abelhas nativas sem ferrão - Mýg**. São Leopoldo, Oikos, p. 187, 2008.
- PALMER, M. J.; MOFFAT, C.; SARANZEWA, N.; HARVEY, J.; WRIGHT, G. A.; CONNOLLY, C. N. Cholinergic pesticides cause mushroom body neuronal inactivation in honey bees. **Nature Communications**. v.4, n.4, p.1634-1642. mar., 2013.
- POTRICH, M.; SILVA, R. T. L.; MAIA, F. M. C.; LOZANO, E. R.; ROSSIC, R. M.; COLOMBO, F. C.; TEDESCO, GOUVEA, F. G. A. Effect of entomopathogens on

- Africanized *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). **Revista Brasileira de Entomologia** v.62, p.23-28, 2018.
- REETZ, E. R.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; DRUM, M. **Anuário Brasileiro de Fruticultura 2014**. Santa Cruz do Sul, Editora Gazeta. 2015. 104p.
- REHMAN, S.; WALIULLAH, M. I. S. Chlorpyrifos-induced neuro-oxidative damage in bee. **Toxicol. Environ. Health. Sci.** v.4, n.1, p.30-36. 2012.
- RODRIGUES, C. A. S. **Análise morfológica do cérebro de abelhas sem ferrão *Melipona scutellaris* expostas ao timetoxam** 2015. 28f. Monografia (Bacharelado – Ciências Biológicas) Universidade Estadual Paulista – Rio Claro, 2015.
- SILVA, F. F. N. **Uso da *Melipona scutellaris* L., 1811 (hymenoptera: apidae) como polinizadora da cultura do pepino**. Areia, 38f. 2018. Monografia (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, PB. 2018.
- SILVA, C. I.; PACHECO FILHO, A. J. S.; FREITAS, B. M. Polinizadores manejados no Brasil e sua disponibilidade para a agricultura. **In: Agricultura e polinizadores**. 1 ed. São Paulo: A.B.E.L.H.A. – Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, p. 19-31, 2015.
- SILVA, I. P.; OLIVEIRA, F. A. S.; PEDROZA, H. P.; GADELHA, I. C. N.; MELO, M. M.; SOTO-BLANCO, B. Pesticide exposure of honeybees (*Apis mellifera*) pollinating melon crops. **Apidologie**. p.1-13. 2015.
- SOARES, H. M. **Avaliação dos efeitos do inseticida imidacloprido para abelhas sem ferrão *Scaptotrigona postica* Latreille, 1807 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. 2012. 87 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro. 2012.
- STONER, K. A.; EITZER, B. D. Using a hazard quotient to evaluate pesticide residues detected in pollen trapped from honey bees (*Apis mellifera*) in Connecticut. **PLoS ONE**. v.8, n.10, 2013.
- WHITEHORN, P. R.; O’CONNOR, S.; WACKERS, F. L.; GOULSON, D. Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. **Science**, Washington v.336, n. 6079, p. 351-352, 2012.
- WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L. SARAIVA, A. M.; SILVA, C. I. **Plataforma Brasileira de Biodiversidades e Serviços**

**Ecosistêmicos. Sumário para tomadores de decisão: 1º relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil.** Campinas, SP. 2018. 20 p.

## **Capítulo II:**

**Toxicidade de inseticidas sobre abelha sem ferrão de importância ambiental *Nannotrigona testaceicornis***

ARAÚJO, WHALAMYS LOURENÇO. D.S. Universidade Federal da Paraíba. 03-2019. **Toxicidade de tiametoxam e clorpirifós sobre abelha sem ferrão de importância ambiental *Nannotrigona testaceicornis***. Jacinto de Luna Batista.

**RESUMO:** A abelha sem ferrão Iraí (*Nannotrigona testaceicornis*) é de grande importância para a polinização de diversas plantas polinizador e manutenção dos ecossistemas. O uso demasiado de inseticidas tem sido apontado entre as principais causa do seu desaparecimento em campo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a toxicidade dos ingredientes ativos Tiametoxam e Clorpirifós sobre *N. testaceicornis*. Os ensaios experimentais foram conduzidos no Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Doses medianas dos inseticidas comerciais Tiametoxam (T<sub>1</sub>) e Clorpirifós (T<sub>2</sub>), recomendadas pelos fabricantes para o controle de pragas de *Citrus* ssp, foram aplicadas por de duas vias de contaminação: nebulização das caldas químicas diretamente sobre as abelhas, e por contato com superfícies pré-tratadas por nebulização. O tratamento testemunha (T<sub>0</sub>) constou de uma solução à base de água. Os ensaios foram dispostos em delineamento inteiramente ao acaso, com 3 tratamentos, 10 repetições contendo 10 insetos cada, e duas formas de contaminação independentes. As abelhas foram confinadas em potes plásticos (50 ml) vedados com tampas perfuradas para ventilação, aonde foi ofertado alimentação (mel) e água embebida em algodão hidrófilo. Os tratamentos foram: T<sub>0</sub>: Água; T<sub>1</sub>: 0,02 grama do produto comercial (g p. c.); e T<sub>2</sub>: 0,1 mililitros do produto comercial (ml p. c.). Para tanto, o conteúdo de ± 20 µL de calda química foi nebulizado diretamente nas abelhas nos potes; e nebulizado nos potes plásticos sem as abelhas, que foram postos pra secar por 30 min, e receberam as abelhas, configurando a contaminação via contato com superfície tratada. Os ensaios foram mantidos em condições ambientes (Temperatura ±27°C e Umidade Relativa de ±70%). Observações do comportamento, a contabilização da taxa de mortalidade foram feitas até as 96 horas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de sobrevivência, por meio do programa GraphPad Prism (v.5 for Mac). Foram calculadas as medianas do tempo de sobrevivência com intervalo de confiança de 95%, e diferenças significativas entre grupos, estimados usando teste de Kaplan–Meier e LogRank test, com nível de significância de p<0,05. O inseticida Neonicotinóide Tiametoxam causou alta mortalidade a abelha Iraí (*N. testaceicornis*), independente da forma de exposição; o inseticida Organofosforado Clorpirifós causou maior mortalidade quando exposto via nebulização direta sobre as abelhas, que quando exposto às abelhas via residual em superfície previamente tratada.

**Palavras-chaves:** Inseticidas, Polinizadores, Abelhas sem ferrão, Meliponínios.

ARAÚJO, WHALAMYS LOURENÇO. D.S. Federal University of Paraíba. 03-2019.  
**Tiametoxam and chlorpyrifos toxicity on bees without iron of important environmental *Nannotrigona testaceicornis*.** Jacinto de Luna Batista

**ABSTRACT:** The stingless bee Iraí (*Nannotrigona testaceicornis*) is of great importance for the pollination of various pollinating plants and the maintenance of ecosystems. Overuse of insecticides has been identified as a major cause of their disappearance in the field. The goal of this work is to evaluate the toxicity of the active ingredients Tiametoxam and Chlorpyrifos on *N. testaceicornis*. The experimental tests were conducted at the Entomology Laboratory of the Center for Agricultural Sciences of the Federal University of Paraíba. Median doses of the commercial insecticides Tiametoxam (T<sub>1</sub>) and Chlorpyrifos (T<sub>2</sub>), recommended by the manufacturers for the control of Citrus ssp pests, were applied in two ways of contamination: misting of chemical syrup directly on the bees, and by contact with surfaces previously treated by nebulization. The control treatment (T<sub>0</sub>) has consisted of a water-based solution. The experiments were arranged in a completely randomized design with 3 treatments, 10 replications containing 10 insects each, and two independent forms of contamination. The bees were confined in plastic pots (50 ml) sealed with perforated lids for ventilation, where food (honey) and water-soaked in hydrophilic cotton were offered. The treatments were: T<sub>0</sub>: Water; T<sub>1</sub>: 0.02 grams of the commercial product (g. p. c.); and T<sub>2</sub>: 0.1 milliliters of the commercial product (ml p. c.). For this, the content of ± 20 µL of chemical syrup was nebulized directly on the bees in the pots; and misted in the plastic pots without the bees, which were put to dry for 30 min, and received the bees, configuring contamination contact with the treated surface. Assays were maintained under ambient conditions (Temperature ± 27° C and Relative Humidity ± 70%). Behavioral observations, mortality rate accounting were done up to 96 hours. Data were submitted to survival analysis using GraphPad Prism (v.5 for Mac) software. Median survival time with a 95% confidence interval and significant differences between groups were estimated using Kaplan – Meier and *LogRank* test, with a significance level of p <0.05. Neonicotinoid insecticide Tiametoxam caused high mortality to Iraí bee (*N. testaceicornis*), regardless of exposure; Organophosphate insecticide Clorpirifós caused higher mortality when exposed with direct misting of bees than when exposed to bees via residual on the previously treated surface.

**Keywords:** Insecticides, Pollinators, Stingless Bees, Meliponin.

## INTRODUÇÃO

Abelhas sociais nativas, também conhecidas como “abelhas indígenas sem ferrão”, ou meliponínios, são importantes agentes de polinização, e este serviço ecossistêmico, também conhecido como serviço ambiental, é o responsável pelo equilíbrio e perpetuação das espécies de plantas e animais que vivem em diversos ecossistemas (SILVA e PAZ, 2012; IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; COSTANZA et al., 2014; SCHÜHLI e MACHADO, 2014; BUENO et al., 2018), Segundo Kerr et al. (2001), dependendo do ecossistema, as abelhas sem ferrão colaboram com cerca de 40 a 90% da polinização das árvores nativas brasileiras, garantindo a produção de sementes e frutos; além de serem excelentes bioindicadoras de qualidade ambiental (NASCIMENTO, 2014).

No Brasil, estima-se que existam cerca de 3000 espécies de meliponíneos (SANTOS, 2016). Entre estas, destaca-se a *Nannotrigona testaceicornis*, popularmente conhecida como Iraí, uma abelha que mede cerca de 4 mm de comprimento, de coloração preta, possui pilosidade grisalha e asas esfumaçadas no terço apical (MONTEIRO, 2001), que possui grande distribuição geográfica, sendo ocorrente em vários Estados brasileiros de diferentes Regiões (MOURE et al., 2007). Segundo Bueno et al. (2018), esta abelha é polinizadora de cerca de 39 espécies vegetais, mas estima-se que esta pode visitar um número maior de espécies, dependendo do bioma que se encontre, o que demonstra um enorme potencial de polinização.

Apesar da importância ecológica das abelhas sem ferrão, algumas espécies vem sofrendo redução populacional. Diversos fatores têm sido apontados para o agravamento desta situação, dentre eles, a degradação e desmatamento de florestas, uso indiscriminado de agrotóxicos, queimadas e ações de meleiros (KEER et al., 2001). O resultado da supressão indiscriminada do meio ambiente, em especial a vegetação, tem causado mudanças nas fontes de recursos tróficos naturais das abelhas, que por sua sobrevivência, têm explorado recursos alimentares originados de flores de cultivos agrícolas diversos (GARIBALDI et al., 2016; RADER et al., 2016; SILVA NETO, 2016).

No entanto, o aumento na elevação de forrageamento em áreas de produção agrícola pode estar associado ao desaparecimento destes polinizadores nos agroecossistemas, devido principalmente ao uso incorreto e excessivo de agrotóxicos, que coloca em risco colônias de abelhas de matas próximas, que visitam esses locais ou que polinizam áreas de cultivo, uma

vez que resíduos químicos ficam aderidos nas folhas e flores, e contaminam o néctar e o pólen (NOCELLI et al., 2018).

No cultivo de *Citrus* spp., em virtude da frequente ocorrência de pragas, principalmente afídeos e minadores, têm sido utilizados agrotóxicos diversos, de diferentes grupos químicos, principalmente os do grupo Neonicotinoide e Organofosforado. Nas aplicações destes inseticidas, as abelhas podem se contaminar de diferentes formas, seja ao coletar e consumir néctar e pólen de flores contendo seus resíduos, ou no contato direto com as moléculas químicas suspensas no ar, que ficam retidas nos pelos superficiais de seu corpo, ou são inalados e aderidas em seu aparelho respiratório (BONZINI et al., 2011), causando intoxicação, e conseqüentemente sua morte. Carvalho et al. (2009), relataram que, quando em contato com superfícies contaminadas com inseticidas, abelhas *Apis mellifera* são facilmente intoxicadas e mortas por inseticidas aplicados na citricultura, em poucas horas.

A mesma intoxicação pode ocorrer com os inseticidas organofosforados. Segundo Dorneles (2015), o contato das abelhas sem ferrão Tubuna (*Scaptotrigona bipunctata*) e Jataí (*Tetragonisca fiebrigi*) com estes inseticidas, mesmo em baixas concentrações, é o suficiente para intoxicar e matar estas abelhas em poucas horas. Provavelmente, em virtude de efeitos colaterais causados por intoxicação com inseticidas, esteja ocorrendo um comprometimento no crescimento e desenvolvimento biológico de colônias de abelhas em geral, seja por falta de alimento e/ou até mesmo de novos indivíduos, devido ao índice significativo de mortalidade de operárias, como relatado por Whitehorn et al. (2012), avaliando a toxicidade de neonicotinoides sobre *Bombus terrestris*.

Considerando a importância ecológica das abelhas sem ferrão, e a preocupação da preservação destes organismos nos ecossistemas, e por estas estarem presentes em sistemas de produção citrícola, este trabalho teve como objetivo estudar a toxicidade dos ingredientes ativos Tiametoxam e Clorpirifós utilizados no brejo paraibano em áreas de produção de *Citrus* spp. sobre a abelha sem ferrão *Nannotrigona testaceicornis*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local dos experimentos

A pesquisa foi executada no Laboratório de Entomologia do Centros de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus de Areia – PB.

### Obtenção dos insetos para experimentação

Para realização dos ensaios, foram coletadas operárias de abelhas Iraí (*Nannotrigona testaceicornis*) de ninhos contidos em caixas de criação oriundas de meliponários da zona rural de Areia – PB. Nestes meliponários, as colônias são instaladas em estruturas racionais, popularmente conhecida por “cortiço”, que são estruturas de madeira do tipo mobilista, onde o ninho e os potes de mel ficam em uma única divisão.

### Preparo dos Ensaios e Delineamento Experimental

Foram conduzidos dois ensaios, um com aplicação tópica das dosagens de inseticidas via nebulização direta sobre as abelhas, outro com exposição das abelhas em superfície contaminada. Nos experimentos, foram feitos testes toxicológicos de dois inseticidas químicos e um tratamento testemunha (água). As dosagens utilizadas foram as medianas recomendadas pelos fabricantes para a cultura de citros (Tabela 1). As técnicas envolvidas nos experimentos foram selecionadas visando obter resultados sobre diferentes modos de exposição das abelhas às moléculas químicas dos inseticidas, considerando que ela pode ocorrer por contato direto com as moléculas químicas dispersas no ar por nebulização, ou no caminhar das abelhas sobre Superfícies Contaminadas (BONZINNI et al., 2011).

Os ensaios foram conduzidos em Delineamento Inteiramente ao Acaso com 3 tratamentos, sendo dois métodos de exposição à contaminação, onde cada tratamento foi distribuído em dez repetições, com a parcela constituída de dez insetos, acondicionadas em potes plásticos (50 ml) vedados por tampas furadas para ventilação. Foi oferecido alimentação a base de mel, específico da espécie, e água embebida em algodão hidrófilo.

**Tabela 1:** Descrição do Grupo Químico, Ingrediente ativo e Doses utilizadas dos inseticidas testados.

<b>Classe</b>	<b>Ingrediente ativo</b>	<b>Concentração empregada (em 100 ml de H<sub>2</sub>O)</b>
Neonicotinóide	Tiametoxam	0,02 g p. c.*
Organofosforado	Clorpirifós	0,1 ml p. c.**

\*g p.c.= grama do produto comercial. \*\*ml p.c.= mililitros do produto comercial.

No fundo do pote, foi feito um recorte circular para adaptação da peça do nebulizador (descartável e que continha a calda química), e assim dar seguimento ao processo de nebulização, processo este feito por um Nebulizador simples. As abelhas foram submetidas à exposição dos produtos por 5 segundos, o equivalente a uma taxa de aplicação de  $\pm 20 \mu\text{L}$  de calda química por repetição. No tratamento testemunha as abelhas receberam nebulização de água, nas mesmas condições. A alimentação constou de mel puro, oriundo dos potes de mel dos ninhos de origem das abelhas, e algodão embebido em água que foram dispostos sobre a tampa furada para dar acesso às abelhas ao recurso.

Para o ensaio de exposição das abelhas em superfícies contaminadas por inseticidas, utilizou-se do mesmo procedimento anterior. As superfícies contaminadas foram potes plásticos (50 ml) descartáveis, vedados com tampas furadas para ventilação. Trinta potes foram pulverizados por nebulização, com o uso de um Nebulizador simples, com caldas químicas dos inseticidas descritos na tabela 1, por 5 segundos, o equivalente a uma taxa de aplicação de  $\pm 20 \mu\text{L}$  de calda química por repetição. No tratamento testemunha, os potes receberam pulverização por nebulização de água, nas mesmas condições.

Para retirar o excesso de calda química e água, os potes foram postos para secar, por aproximadamente 3 horas em local arejado e à sombra, sobre papel toalha. Após secagem, em cada pote, foram introduzidas as abelhas, expondo-as aos resíduos contidos na superfície dos potes. A alimentação constou de mel puro, oriundo dos potes de mel dos ninhos de origem das abelhas, e algodão embebido em água que foram dispostos sobre a tampa furada para dar acesso às abelhas ao recurso. Após o acondicionamento das abelhas nos potes, estes foram mantidos em condições ambientes (Umidade Relativa  $\pm 70\%$  e Temperatura  $\pm 27^\circ\text{C}$ ).

Para análise dos dados obtidos nos dois ensaios, os horários de observação foram padronizados, finalizando quando a mortalidade dos tratamentos fossem de 100%, tendo o tratamento testemunha como referência. Para as observações, obedeceu-se o intervalo de uma; duas; três; quatro; cinco; seis; nove; 12; 15; 18; 21; 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72 e 96 horas, após o início da exposição das abelhas aos produtos, sendo as observações iniciais constantes, até

as primeiras 3 horas, para avaliação comportamental dos insetos, metodologia adaptada conforme proposta por Baptista et al, 2009.

Nas avaliações, foi contabilizada a taxa de mortalidade. Para tanto, levou-se em consideração as abelhas que não apresentaram movimentos no momento das observações, mesmo após estímulos mecânicos.

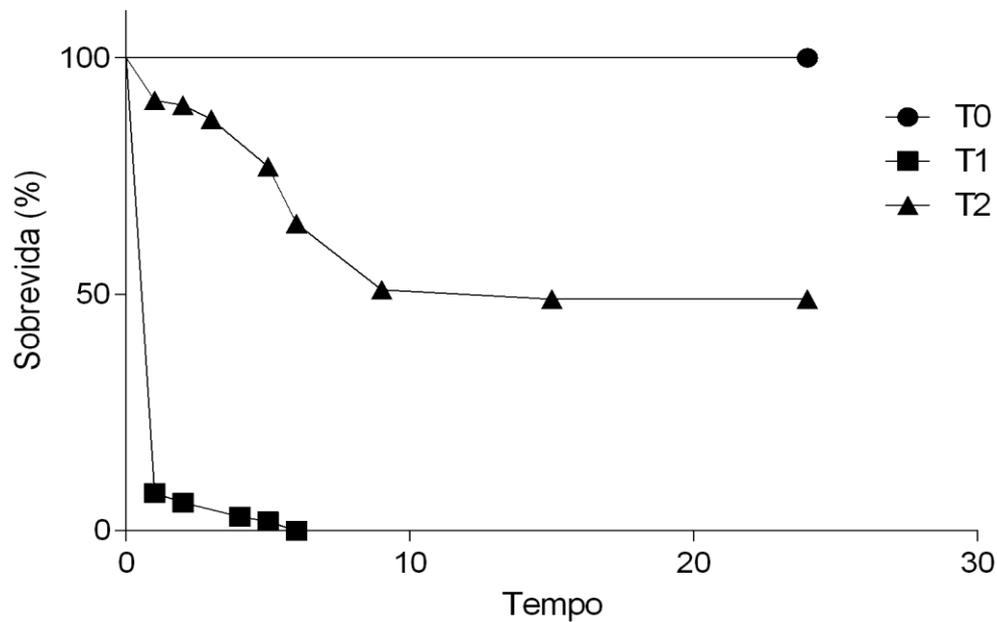
Os dados obtidos foram submetidos à análise de sobrevivência, efetuadas através da contagem de abelhas operárias mortas no intervalo determinado. A análise estatística foi realizada por meio do programa GraphPad Prism (v.5 for Mac). A mediana do tempo de sobrevivência com intervalo de confiança de 95% e diferenças significativas entre grupos foram estimados usando teste de Kaplan–Meier seguido por *LogRank* test. O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Os inseticidas avaliados causaram mortalidade significativa à abelha sem ferrão irai (*N. testaceicornis*), por intoxicarem e causarem uma taxa de mortalidade de 50% das abelhas antes de 24 horas, após exposição tópica via nebulização direta com as caldas contendo a dosagem mediana dos produtos, indicadas pelos fabricantes, ocasionando significativa taxa de mortalidade das abelhas em relação ao tratamento testemunha (Figura 1).

Após a aplicação do tratamento com o ingrediente ativo Tiametoxam, pode-se observar uma alta taxa de mortalidade das abelhas. Na primeira observação, uma hora após aplicação, a mortalidade foi de 80%, até alcançar 100% de abelhas mortas em até 3 horas, tendo mediana de sobrevivência de duas horas, que diferiu significativamente dos demais tratamentos (Tabela 1), configurando-o como extremamente tóxico a esta espécie de abelha. Durante as primeiras avaliações, ainda pôde-se observar sintomas de intoxicação como paralisia, desorientação e prostração, com tremores intensos nas pernas.

Toxicidade acentuada às abelhas Iraí também foi observada no tratamentos com o ingrediente ativo Clorpirifós, aonde as abelhas apresentaram crescente índice de mortalidade, no intervalo entre duas a nove horas, após o contato com as abelhas, totalizando em 60% das abelhas mortas, até as 96 horas, restando 40% das abelhas vivas até a última observação. Nas primeiras avaliações, assim como no tratamento T<sub>1</sub>, pôde-se observar que as abelhas não se alimentavam, caminhavam rapidamente em círculos pelo pote, até ficarem prostradas e não apresentarem movimento algum.



**Figura 1:** Sobrevivência em porcentagem (%) de operárias de abelhas sem ferrão irai (*Nannotrigona testaceicornis*) contaminadas topicamente, via nebulização de caldas, com os inseticidas com os ingredientes ativos Tiametoxam e Clorpirifós nas doses medianas recomendadas pelos fabricantes para a cultura do citros. Nota: T<sub>0</sub>: Tratamento Testemunha, calda constituída de água natural tratada; T<sub>1</sub>: Tiametoxam (0,02 g p. c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O) e T<sub>2</sub>: Clorpirifós (0,1 ml p. c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O). Areia – PB, 2019.

**Tabela 2.** Mediana de sobrevida (horas) de abelhas contaminadas topicamente, via nebulização de caldas, com os inseticidas com os ingredientes ativos Tiametoxam e Clorpirifós nas doses medianas recomendadas pelos fabricantes para a cultura do citros.

Grupos experimentais	Mediana de sobrevida (horas)	IC95%
T <sub>0</sub>	-	-
T <sub>1</sub>	1.0	0,49 – 1,51
T <sub>2</sub>	-	-

Nota: T<sub>0</sub>: Tratamento Testemunha, calda constituída de água natural tratada; T<sub>1</sub>: Tiametoxam (0,02 g p. c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O) e T<sub>2</sub>: Clorpirifós (0,1 ml p. c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O). Areia – PB, 2019.

Analisando o ensaio de contaminação superfícies tratadas, foi possível identificar que os inseticidas testados anteriormente via nebulização direta, também são tóxicos a abelha Iraí, quando estas foram expostas aos resíduos contidos em superfícies, em até 24 horas (Figura 2). O ingrediente ativo Tiametoxam apresentou-se tóxico a esta abelha, uma vez que causou 60% de mortalidade da população em até uma hora, chegando a 100% em três horas, após as abelhas entrarem em contato com as superfícies tratadas, obtendo mediana de sobrevida de duas horas (Tabela 2).

O ingrediente ativo Clorpirifós causou um crescente índice de mortalidade das abelhas, matando 20% das abelhas em até 24 horas, após a exposição, mantendo este índice constante, mesmo após as 96 horas de avaliação, apresentando mediana de sobrevida de 6 horas, diferenciando significativamente do Tiametoxam (Tabela 2).

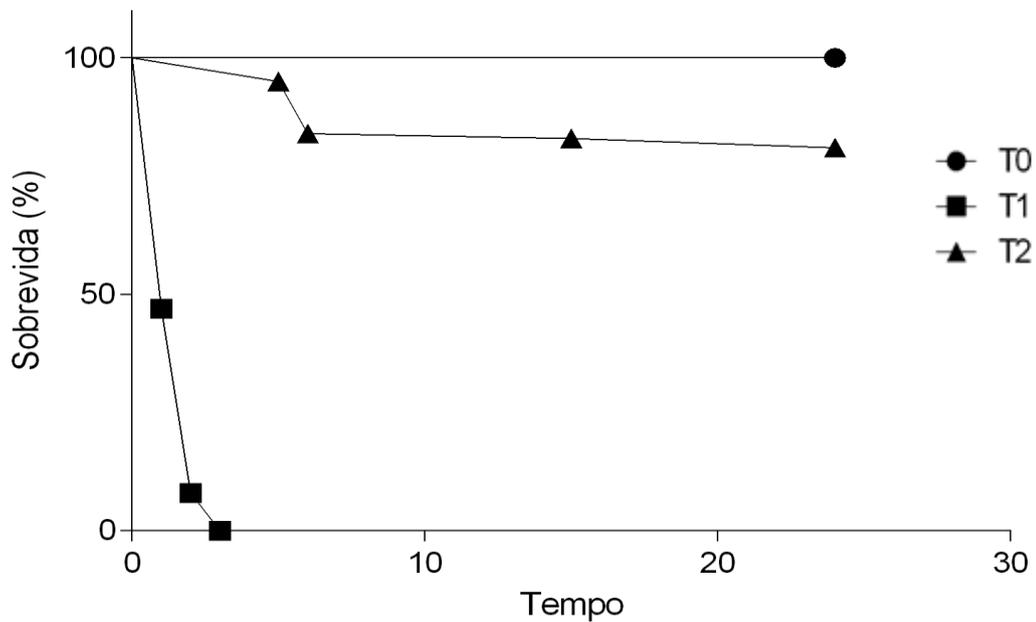
Com estes resultados, percebe-se que o Tiametoxam é tão tóxico para abelhas Iraí quando aplicado topicamente via nebulização, quanto em contato com a abelha via superfícies tratadas com este ingrediente ativo, o que torna o problema com este inseticida ainda maior, uma vez que dificulta a discussão de uma possível alternativa de seu uso, pensando na preservação da espécie *N. testaceicornis*, devido a esta susceptibilidade apresentada.

**Tabela 3.** Mediana de sobrevida (horas) de abelhas contaminadas via superfície contaminada com os inseticidas com os ingredientes ativos Tiametoxam e Clorpirifós nas doses medianas recomendadas pelos fabricantes para a cultura do citros.

Grupos experimentais	Mediana de sobrevida (horas)	IC95%
T <sub>0</sub>	-	-
T <sub>1</sub>	2 B	1,54 – 2,49
T <sub>2</sub>	6 A	-

Nota: T<sub>0</sub>: Tratamento Testemunha, calda constituída de água natural tratada; T<sub>1</sub>: Tiametoxam (0,02 g p.c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O) e T<sub>2</sub>: Clorpirifós (0,1 ml p.c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O). Areia – PB, 2019.

A, B Letras maiúsculas diferentes na coluna significa diferença estatística ( $p < 0,05$  – *LogRank*)



**Figura 2.** Sobrevivência em porcentagem (%) de operárias de abelhas sem ferrão irai (*Nannotrigona testaceicornis*) expostas a superfície contaminada com os inseticidas com os ingredientes ativos Tiametoxam e Clorpirifós nas doses medianas recomendadas pelos fabricantes para a cultura do citros. Nota: T0: Tratamento Testemunha, calda constituída de água natural tratada; T1: Tiametoxam (0,02 g p.c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O) e T2: Clorpirifós (0,1 ml p.c./ 100 ml de H<sub>2</sub>O). Areia – PB, 2019.

## DISCUSSÃO

Os sintomas de intoxicação por Tiametoxam são decorrentes da degeneração das enzimas Acetilcolinesterase por suas moléculas de nicotina, característico dos neonicotinoides. A contaminação aguda aumenta ainda mais as chances de intoxicação, uma vez que a calda química atinge uma maior superfície de contato do inseto, e dependendo da calda, se esta conter produtos adicionais como aderentes, esta pode facilitar a penetração dos inseticidas na cutícula do inseto, e dependendo do inseto os sintomas podem ser observados em pouco tempo. No presente trabalho não foi necessário adicionar aderentes e mesmo assim os sintomas foram observados a partir dos 20 minutos. Sintomas como paralisia, desorientação e prostração, com tremores intensos nas pernas também foram descritos por

Araújo et al. (2018) e Souza (2015), ao avaliar toxicidade de neonicotinoides sobre abelhas africanizadas *A. mellifera*.

O problema com nebulização direta sobre as abelhas é que o processo é semelhante ao que ocorre nos campos, quando os produtores aplicam as caldas químicas via atomizadores, podendo atingir não somente os insetos-praga, como também diversos insetos benéficos não-alvo, desde parasitóides, predadores a polinizadores como a abelha sem ferrão Iraí, que, como é possível verificar neste trabalho, é susceptível aos ingredientes ativos Tiametoxam e Clorpirifós. Gomes (2017), avaliando a toxicidade do ingrediente ativo Thiamethoxam sobre operárias de *Melipona capixaba* e *A. mellifera*, relataram que independente da forma de exposição de contaminação, este composto causa altos índices de mortalidade populacional de ambas as espécies.

Outra possível forma de contaminação das abelhas Iraí seria quando estas fossem forragear nas áreas de produção citrícolas, e estas já estejam tratadas com algum inseticida, uma vez que a recomendação de alguns fabricantes é que a pulverização seja feita uniforme e alcance toda a área foliar das plantas, bem como suas flores e frutos. No processo, parte da calda química ainda poderia se perder por deriva, que contaminariam outras áreas não-alvo. Krupke et al. (2012) relataram encontrar resíduos de inseticidas em flores de plantas daninhas, nos seus grãos de pólen e néctar, em abelhas mortas nos apiários, no solo dos campos cultivados e próximo aos cultivos de milho. Logo, há uma possibilidade de contaminação da abelha Iraí, mesmo depois da pulverização em campos de produção de citros. Neste cenário, as abelhas poderiam se contaminar via respiratória, devido possíveis gotículas suspensas no ar, ou até mesmo via contato com superfícies contaminadas, uma vez que, após a pulverização, os inseticidas possuem um período de carência e seus resíduos permanecem ativos sobre as superfícies aonde foram aplicados.

O ingrediente ativo Clorpirifós, apresentou-se moderadamente tóxico quando posto em contato com as abelhas via nebulização direta, mas quando as abelhas foram posta em contato com superfícies tratadas com esse composto, este apresentou baixa toxicidade. Logo, Clorpirifós, apesar de sua extrema periculosidade para o meio ambiente, possibilita uma alternativa para o seu uso, de modo que não intoxique e mate abelhas Iraí, que seria sua aplicação em horários noturnos, já que as abelhas não estariam forrageando nas áreas, e no intervalo de 12 horas provavelmente, apesar de estar ativo na superfície tratada, não intoxicaria toda a população de abelhas a ponto de matá-las, conforme observado na Figura 2.

Torna-se importante avaliar a toxicidade desses inseticidas em abelhas nativas devido fundamentalmente ao fato de que a sua maioria está disponível no mercado, e estes

apresentarem riscos ao meio ambiente, e são amplamente utilizados em culturas visitadas pelas abelhas, não só a *N. testaceicornis*, mas diversas espécies de polinizadores (WOLOWSKI et al., 2018). Por exemplo, dimetoato e acetamiprido são outros ingredientes ativos de inseticidas organofosforado e neonicotinoide, respectivamente, que são utilizados no tratamento de espécies vegetais dependentes de polinização, como café, citros, maçã, melancia, melão, tomate, soja, entre outros (BRASIL, 2019), e estes produtos são tóxicos para muitas abelhas, independente da via de exposição à contaminação, como por exemplo a abelha sem ferrão *Scaptotrigona postica* (MACEDO, 2016), *Melipona capixaba* e *A. mellifera* (GOMES, 2017), *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragonisca fiebrigi* (DORNELLES, 2015), *Melipona quadrifasciata anthidioides* (TOMÉ et al., 2012), etc.

Além da exposição por nebulização ou por superfície contaminada, outra forma de contaminação das abelhas por Tiametoxam que tem sido avaliada é por via ingestão de alimento contaminado, uma vez que este inseticida, por ser sistêmico nas plantas, estaria presente nos tecidos vegetais em geral. No entanto, a recomendação de pulverização no colo das plantas não tem sido respeitada, assim a calda química tem sido aplicada na parte superior das plantas, aumentando o risco de contaminação das abelhas em geral. No presente trabalho, as abelhas não sobreviveram a intoxicação por este ingrediente ativo. Em campo, provavelmente, teria o mesmo fim, e se retornasse ao ninho, contaminariam todos os potes de mel e pólen, que são processados, e seus produtos ofertados as crias, podendo comprometer todo o futuro da colônia.

Muitos pesquisadores avaliaram a contaminação crônica, devido a possibilidade das abelhas conseguirem retornar aos seus ninhos, havendo a possibilidade de resíduos de inseticidas estarem por todo o corpo do inseto, além dos recursos florais coletados, muitas vezes, também estarem (KRUPKE et al., 2012). Dively et al. (2015), rastreando o movimento e a degradação de neonicotinoides, dentro de colônias inteiras de abelhas melíferas para compreender o destino das doses destes inseticidas, usados em experimentos subletais, relataram encontrar cerca de 1/166 do ingrediente, desde a sua deposição à alimentação das crias. Isso justificaria a diminuição no desenvolvimento biológico e da produção de rainhas, bem como de produtos apícolas das colônias de *B. terrestris* tratadas com neonicotinoides, relatado por Whitehorn et al. (2012) e Elston et al. (2013), processo este ocorrente também para abelha solitária *Osmia bicornis* (SANDROCK et al., 2014); e também foi constatado por Rosa et al. (2016), em estudo com *Scaptotrigona aff. Depilis* tratadas com Tiametoxam, aonde este ingrediente comprometeu o desenvolvimento da fase larval do inseto. Logo, os efeitos deletérios destes inseticidas sobre abelhas são de extrema importância, mas os efeitos

adversos na prole podem ter consequências mais sérias para a sanidade da colônia do que a perda de abelhas campeiras.

A ação também neurotóxica dos inseticidas organofosforados inibem a atividade da Acetilcolinesterase na transmissão de impulsos nervosos, ou sinapse nervosa, resultando num colapso nervoso e conseqüentemente a morte de abelhas (SILVA et al., 2015). Para Dorneles (2015), baixas concentrações de Clorpirifós intoxicam e matam abelhas sem ferrão *Tubuna* (*Scaptotrigona bipunctata*) e Jataí (*Tetragonisca fiebrigi*), também em poucas horas, através dos testes de exposição tópica e oral, e por isso o ingrediente ativo é classificado altamente tóxico para estas abelhas, resultados estes também encontrados no presente trabalho.

As causas da morte devido a intoxicação via contato tópica em abelhas vêm sendo aos poucos esclarecidas. Alguns autores associam a morte dos insetos, a princípio, a apoptose das células nervosas, para inseticidas neurotóxicos. Miotelo (2017), em análises morfológicas de abelhas sem ferrão *M. scutellaris*, detectou alterações no núcleo e nas mitocôndrias das células nervosas do cérebro, relatando que, mesmo em doses baixas, Tiametoxam causa danos em órgãos destas abelhas, de modo que ocorre comprometimento na sua fisiologia, que causa sua morte. Para Rodrigues (2015), a morte de células podem causar uma desorganização tecidual, devido a um possível rompimento do contato entre as células nervosas, caracterizado por espaços intercelulares das células de Kenyon nos corpos pedunculados dos cérebros, e este processo pode ocorrer quando abelhas *M. scutellaris* são expostas a Tiametoxam.

Percebe-se, assim, que tanto Tiametoxam como Clorpirifós, por se tratarem de inseticidas neurotóxicos, ao contaminar e intoxicar abelhas, podem matá-las devido aos efeitos deletérios causados às células nervosas, responsáveis pela transmissão de impulsos nervosos. A ação neurotóxica destes inseticidas, em nível individual de abelhas para incidentes de mortalidade (efeitos letais) ou para uma série de problemas que trariam consequências calamitosas em nível populacional da colônia, observadas em longo prazo (efeitos subletais), são de importante observação. Alterações fisiológicas, morte celular, alterações no comportamento como a perda de memória das abelhas (HENRY et al., 2012; FAUSER-MISLIN et al., 2014; RODRIGUES, 2015), comprometem o serviço de polinização, tornando estas abelhas menos eficientes neste processo (FELTHAM et al., 2014), além de comprometerem a preservação destas espécies na natureza, em virtude do alto índice de mortalidade relatado por apicultores e meliponicultores por todo o país.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, W. L.; GODOY, M. S.; MARACAJÁ, P. B.; MEDEIROS, A. C.; CARLOS, A. D.; SILVEIRA, D. C.; MEDEIROS, A. P.; PAIVA, A. C. Toxic effects of neonicotinoids on *Apis mellifera* L. workers (hymenoptera: apidae). **International Journal of Development Research**, v.8, n.05, p.20608-20612. 2018.
- BONZINI, S.; TREMOLADA, P.; BERNARDINELLI, I.; COLOMBO, M.; VIGHI, M. Predicting pesticide fate in the hive (part 1): experimentally determined  $\tau$ -fluvalinate residues in bees, honey and wax. **Apidologie**, v.42, p.378-390, 2011.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Produção e Abastecimento. AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. 2003.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em: 02 março de 2019.
- BAPTISTA, A. P. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, S. M.; CARVALHO, C. F.; BUENO FILHO, J. S. S. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados em citros para *Apis mellifera*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p.955-961, jul., 2009.
- BUENO, A. C.; CAREZIA, C. C.; GIRELLI, WEIRICH, G. S. N.; COELHO, G. C.; MOSS, A. J. **Análise palinológica de abelhas “sem- ferrão” na Região do Alto Uruguai, Brasil.** Disponível em: <[http://www.schenautomacao.com.br/ssa/envio/files/78\\_arqnovo.pdf](http://www.schenautomacao.com.br/ssa/envio/files/78_arqnovo.pdf)>. Acesso em: 08 de nov. de 2018.
- CARVALHO, S. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; BUENO FILHO, J. S. S.; BAPTISTA, A. P. M. Toxicidade de acaricidas/ inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae). **Arquivos Instituto Biológico**, v.76, n.4, p.597-606, 2009.
- COSTANZA, R.; GROOT, R.; SUTTON, P.; VAN DER PLOEG, S.; ANDERSON, S. J.; KUBISZEWSKI, I.; TURNER, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, Oxford, v. 26, p. 152-158, 2014.
- DIVELY, G. P., EMBREY, M. S., KAMEL, A., HAWTHORNE, D. J., PETTIS, J. S. Assessment of chronic sublethal effects of imidacloprid on honey bee colony health. **PLoS One**, v.10, n.3. e0118748. 2015.
- DORNELES, A. L. **Toxicidade de inseticidas organofosforados para as abelhas sem ferrão *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragonisca fiebrigi*.** Porto Alegre – RS. 60f. 2015.

Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – RS, 2015.

ELSTON, C.; THOMPSON, H.; WALTERS, K. Sub-lethal effects of thiametoxam, a neonicotinoid pesticide, and propiconazole, a DMI fungicide, on colony initiation, in bumble bee (*Bombus terrestris*) micro-colonies. **Apidologie**, v.44, n.5, 563-574. 2013.

FAUSER-MISLIN, A.; SADD, B. M.; NEUMANN, P.; SANDROCK, C. Influence of combined pesticide and parasite exposure on bumblebee colony traits in the laboratory. **Journal of Applied Ecology**. v.51, p. 450-459. 2014.

FELTHAM, H.; PARK, K.; GOULSON, D. Field realistic doses of pesticide imidacloprid reduce bumblebee pollen foraging efficiency. **Ecotoxicology**, v.23, n.3, p.317-323. 2014.

GARIBALDI, L. A.; CARVALHEIRO, L. G.; VAISSIÈRE, B. E.; GEMMILL-HERREN, B.; HIPÓLITO, J.; FREITAS, B. M.; AN, J. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v. 351, n. 6271, p. 388-391, 2016.

GOMES, I. N. **Bioensaios em laboratório indicam efeitos deletérios de agrotóxicos sobre as abelhas *Melipona capixaba* e *Apis mellifera***. 2017. 51f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários) Universidade Federal de Viçosa – Florestal, 2017.

HENRY, M., BEGUIN, M., REQUIER, F., ROLLIN, O., ODOUX, J. F., AUPINEL, P., APTEL, J., TCHAMITCHIAN, S. DECOURTYE, A. A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. **Science**, v.336, n.6079, p.348-350. 2012.

IMPERATRIZ-FONSECA V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA A. M. (orgs) **Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. EDUSP, p.213- 236, 2012.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; SILVA, A. C.; ASSI, M. G. P. **Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica**. Parcerias Estratégicas. v.12, p.20-41. 2001.

KRUPKE, C. H.; HUNT, G. J.; EITZER, B. D.; ANDINO G.; GIVEN, K. Multiple Routes of Pesticide Exposure for Honey Bees Living Near Agricultural Fields. **PLoS ONE**, São Francisco/EUA, v.7, n.1, e29268. 2012.

MACEDO, R. C. **Toxicidade do acetamiprido e dimetoato para abelha *Scaptotrigona postica* Latreille, 1804**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental). Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia, 2016.

- MIOTELO, L. **Proteção de polinizadores: Toxicidade do tiametoxam para *Melipona scutellaris* LATREILLE, 1811 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. 2017. 48f. Monografia (Bacharel e licenciado em Ciências Biológicas) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 2017.
- MONTEIRO, W. R. **Meliponicultura – abelha Irai (*Nannotrigona testaceicornis*)**. Mensagem Doce, 2001. 60p.
- MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia. 2007. 1058p.
- NASCIMENTO, N. O. **Seriam as abelhas sem ferrão boas amostradoras ambientais de contaminação atmosférica por particulados atmosféricos?** Ouro Preto. 53f. 2014. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) – Universidade Federal de Ouro Preto, MG. 2014.
- NOCELLI, R. C. F.; ROAT, T. C; SILVA ZACARIN, E. C. M; MALASPINA, O. **Riscos de Pesticidas sobre as Abelhas**. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69299/1/Roberta.pdf> >. Acesso em: 12 de dez. 2018.
- RADER, R.; BARTOMEUS, I.; GARIBALDI, L. A.; GARRATT, M. P.; HOWLETT, B. G.; WINFREE, R.; BOMMARCO, R. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 1, p. 146-151, 2016.
- ROSA, A. S.; TEIXEIRA, J. S. G.; VOLLET-NETO, A.; ELISA PEREIRA QUEIROZ; BETINA BLOCHTEIN; PIRES, C. S. S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Consumption of the neonicotinoid thiamethoxam during the larval stage affects the survival and development of the stingless bee, *Scaptotrigona aff. Depilis*. **Apidologie** v.47, p.729-738. 2016.
- RODRIGUES, C. A. S. **Análise morfológica do cérebro de abelhas sem ferrão *Melipona scutellaris* expostas ao timetoxam** 2015. 28f. Monografia (Bacharelado – Ciências Biológicas) Universidade Estadual Paulista – Rio Claro, 2015.
- SANDROCK, C.; TANADINI, L. G.; PETTIS, J.S.; BIESMEIJER, J. C.; POTTS, S. G.; NEUMANN, P. Sublethal neonicotinoid insecticide exposure reduces solitary bee reproductive success. **Agricultural and Forest Entomology**, v.16, p.119–128. 2014.

- SANTOS, R. M. S. **Contribuição à elaboração de um guia das abelhas nativas do Brasil**. Pombal, 220f. 2016. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais). Universidade Federal de Campina Grande. 2016.
- SCHÜHLI, G. S.; MACHADO, A. M. B. **Abelhas nativas sem ferrão (Meliponini) e serviços de polinização em espécies florestais**. Colombo, PR: Embrapa Florestas. 2014. 31p. (Documentos Embrapa).
- SILVA, W. P.; PAZ, J. R. L. Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. **Natureza on line**, v. 10, n. 3, p. 146-152. 2012.
- SILVA NETO, C. M. **A importância das abelhas para a cultura do tomateiro**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Goiânia, 2016. 115f. Universidade Federal de Goiás. 2016.
- SILVA, I. P.; OLIVEIRA, F. A. S.; PEDROZA, H. P.; GADELHA, I. C. N.; MELO, M. M.; SOTO-BLANCO, B. Pesticide exposure of honeybees (*Apis mellifera*) pollinating melon crops. **Apidologie**. p.1-13. 2015.
- SOUZA, J. R. **Toxicidade da clotianidina para a abelha africanizada *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae)**. 2015. 139f. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras – Lavras, 2015.
- TOMÉ, H. V. V.; MARTINS, G. F.; LIMA, M. A. P.; CAMPOS, L. A. O.; GUEDES, R. N. C. Imidacloprid-Induced Impairment of Mushroom Bodies and Behavior of the Native Stingless Bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. **PLoS ONE**, v.7, n.6, e38406, 2012.
- WHITEHORN, P. R.; O'CONNOR, S.; WACKERS, F. L.; GOULSON, D. Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. **Science**, Washington v.336, n. 6079, p. 351-352, 2012.
- WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L. SARAIVA, A. M.; SILVA, C. I. **Plataforma Brasileira de Biodiversidades e Serviços Ecosistêmicos. Sumário para tomadores de decisão: 1º relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. Campinas, SP. 2018. 20 p.

## CONCLUSÕES GERAIS

1. Os ingredientes ativos Tiametoxam, Imidacloprido, Deltametrina, Bifentrina, Clorpirifós e *Bacillus thuringiensis* são tóxicos à espécie de abelha sem ferrão *Melipona subnitida*.
2. Os ingredientes ativos Tiametoxam, Imidacloprido, Deltametrina, Bifentrina e Clorpirifós são tóxicos à espécies de abelhas sem ferrão *Melipona scutellaris*.
3. O ingrediente ativo *Bacillus thuringiensis* não é toxico à espécie de abelha sem ferrão *Melipona scutellaris*.
4. O inseticida Neonicotinoide Tiametoxam é tóxico à espécie de abelha sem ferrão *Nannotrigona testaceicornis*.
5. O inseticida Oraganofosforado Clorpirifós é tóxico à espécie de abelha sem ferrão *Nannotrigona testaceicornis*, se aplicado via nebulização direta; e apresenta baixa toxicidade, quando contaminante de superfícies para estas abelhas.