



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

**EFEITO RESIDUAL DE IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA NA  
SOBREVIVÊNCIA E CAPACIDADE DE VOO DE *Apis mellifera***

MYLENA LINHARES DE ARAÚJO

POMBAL - PB  
2022

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

**EFEITO RESIDUAL DE IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA NA  
SOBREVIVÊNCIA E CAPACIDADE DE VOO DE *Apis mellifera***

MYLENA LINHARES DE ARAÚJO

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

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. EWERTON MARINHO DA COSTA

POMBAL - PB  
2022

A663e Araújo, Mylena Linhares de.

Efeito residual de Imidacloprido + Beta-ciflutrina na sobrevivência da capacidade de voo de *Apis mellifera* / Mylena Linhares de Araújo. – Pombal, 2022.

30 f. il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.

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

Referências.

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

CDU 632.95.024 (043)

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

**EFEITO RESIDUAL DE IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA NA  
SOBREVIVÊNCIA E CAPACIDADE DE VOO DE *Apis mellifera***

MYLENA LINHARES DE ARAÚJO

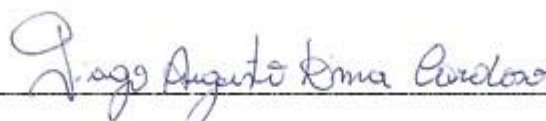
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias do  
Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar  
da Universidade Federal de Campina Grande,  
curso de Agronomia, como requisito para a  
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 25/04/2022

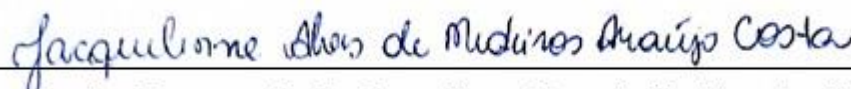
**BANCA EXAMINADORA**



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



Examinador interno – D. Sc. Tiago Augusto Lima Cardoso  
(UAGRA/CCTA/UFCG)



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

## DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para chegar até aqui, aos meus pais Antônio de Araújo Neto e Edilene Linhares de Araújo, a minha filha Valentina Linhares Caetano e ao meu irmão José Lucas Linhares de Araújo por todo apoio e amor que foram imprescindíveis para que esse sonho se concretizasse.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela saúde, coragem e força necessários para que eu não desistisse dos meus sonhos, sempre me guiando e protegendo.

Aos meus pais, Antônio de Araújo Neto e Edilene Linhares de Araújo, a minha filha, Valentina Linhares Caetano e ao meu irmão, José Lucas Linhares de Araújo, por todo amor, carinho e dedicação.

A minha família por todo apoio, em especial as minhas tias, Eteílma, Elaine e Edvanea.

Ao meu orientador, Ewerton Marinho da Costa, por ser um exemplo de profissional, por todos os ensinamentos, pelas orientações, dedicação e responsabilidade.

Ao GEENTO, em especial aos meus colegas, Emanoely, Juliana, Carlos Henrique, Vitor, Rafael, Rutte e Caio, e ao técnico do laboratório, Tiago por toda a dedicação na condução dos experimentos.

As minhas amigas de longas datas, Valéria, Paola, Amanda Nobre, Amanda Ramalho e Ruty, e aos amigos que a UFCG me presenteou, Hemile, Victoria, Rodolfo, Regina e Jefferson, que sempre me deram apoio e suporte emocional.

A Universidade Federal de Campina Grande e todo o seu corpo docente pela contribuição para minha formação acadêmica.

Meus agradecimentos a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização desse sonho.

## RESUMO

ARAÚJO, M. L. **Efeito residual de Imidacloprido + Beta-ciflutrina na sobrevivência e capacidade de voo de *Apis mellifera***. UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR, UFCG, março de 2022, 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Orientador: Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa.

A abelha *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) é imprescindível para muitas culturas, mas apesar de sua importância tem-se observado nos últimos anos um declínio desses insetos em áreas agrícolas em diversas regiões no mundo, sendo o uso abusivo de agrotóxicos o principal fator apontado para esse desaparecimento. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito letal e subletal do inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina sobre *A. mellifera*, por meio do contato residual em folhas de meloeiro. O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal- PB. Para a realização do trabalho foram utilizadas operárias adultas de *A. mellifera* provenientes de 05 colmeias pertencentes ao apiário do CCTA/UFCG. O inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina foi avaliado nas doses mínima (500 mL/ha), intermediária (750 mL/ha) e máxima (1000 mL/ha) recomendadas pelo fabricante, sendo utilizada água destilada como testemunha absoluta e o inseticida Tiametoxam como testemunha positiva. Após a aplicação dos tratamentos foram avaliadas a mortalidade e o comportamento das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12 e 24 horas após o início da exposição aos inseticidas, bem como a capacidade de voo das abelhas que sobreviveram após as 24 horas de exposição. Foi observado que o inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina sobre *A. mellifera*, via contato residual, ocasionou mortalidade de 35%, 39% e 39% para as doses mínima, intermediária e máxima, respectivamente, com  $TL_{50}$  de 57,46h, mostrando-se tóxico para as abelhas. Além disso, Imidacloprido + Beta-ciflutrina afetou negativamente a função motora das abelhas, causando tremores, prostração e paralisia, reduzindo assim a capacidade de voo desses insetos.

**Palavras-chave:** Abelhas, inseticidas, mortalidade.

## ABSTRACT

ARAÚJO, M. L. **Residual effect of Imidacloprid + Beta-cyfluthrin on the survival and flight ability of *Apis mellifera***. ACADEMIC UNIT OF AGRICULTURAL SCIENCES, CENTER OF AGROFOOD SCIENCES AND TECHNOLOGY, UFCG, March 2022, 30 p. Completion of course work. Advisor: Prof. Dr. Ewerton Marinho da Costa.

The bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) is essential for many crops, but despite its importance, a decline in these insects has been observed in recent years in agricultural areas in different regions of the world, with the abusive use of pesticides being the main factor pointed out for this disappearance. Therefore, the present study aimed to evaluate the lethal and sublethal effect of the insecticide Imidacloprid + Beta-cyfluthrin on *A. mellifera*, through residual contact in melon leaves. The experiment was carried out at the Entomology Laboratory of the Agro-Food Science and Technology Center (CCTA) of the Federal University of Campina Grande (UFCG), Campus Pombal-PB. For the accomplishment of the work, adult workers of *A. mellifera* from 05 hives belonging to the CCTA/UFCG apiary were used. The insecticide Imidacloprid + Beta-cyfluthrin was evaluated at the minimum (500 mL/ha), intermediate (750 mL/ha) and maximum (1000 mL/ha) doses recommended by the manufacturer, using distilled water as an absolute control and the insecticide Thiamethoxam as the positive witness. After the application of the treatments, the mortality and the behavior of the bees were evaluated at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12 and 24 hours after the beginning of the exposure to insecticides, as well as the flight capacity of the bees that survived after 24 hours of exposure. It was observed that the insecticide Imidacloprid + Beta-cyfluthrin on *A. mellifera*, via residual contact, caused mortality of 35%, 39% and 39% for the minimum, intermediate and maximum doses, respectively, with a LT50 of 57.46h, showing that it is toxic to bees. In addition, Imidacloprid + Beta-Cyfluthrin negatively affected the bees' motor function, causing tremors, prostration and paralysis, thus reducing the ability of these insects to fly.

**Key words:** Bees, insecticides, mortality.



## SUMÁRIO

	Pág
RESUMO.....	vii
ABSTACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1. IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS <i>Apis mellifera</i> PARA AGRICULTURA COM ÊNFASE NA CULTURA DO MELOEIRO.....	12
2.2. DECLÍNIO POPULACIONAL DE ABELHAS <i>A. mellifera</i> EM ÁREAS AGRÍCOLAS.....	13
2.3. EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE INSETICIDAS SOBRE <i>A. mellifera</i> .....	13
2.4. TOXICIDADE DE IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA SOBRE <i>Apis mellifera</i> .....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1. BIOENSAIO 1: TOXICIDADE RESIDUAL DE IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA SOBRE <i>Apis mellifera</i> .....	17
3.2. BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE VOO DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> APÓS A EXPOSIÇÃO RESIDUAL AO INSETICIDA IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA.....	18
3.3. ANÁLISE DOS DADOS.....	19
4. RESULTADOS.....	20
4.1. BIOENSAIO 1: TOXICIDADE RESIDUAL DE IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA SOBRE <i>Apis mellifera</i> .....	20
4.2. BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE VOO DA ABELHA <i>Apis mellifera</i> APÓS A EXPOSIÇÃO AO INSETICIDA IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA.....	21
5. DISCUSSÃO.....	233
6. CONCLUSÕES.....	25
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

## 1. INTRODUÇÃO

A presença da abelha *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) é imprescindível para muitas culturas, sendo um dos polinizadores economicamente mais valiosos para a agricultura em todo mundo, isso por garantir a polinização cruzada e aumentar a produtividade de frutos (BERNAL et al., 2010; POTTS et al., 2010). Por estes motivos, em áreas de cultivo de melão (*Cucumis melo* L.) no Brasil, a introdução de colônias de *A. mellifera* tem se tornado uma prática fundamental de manejo (TRINDADE et al., 2004; SOUSA, 2008; SOUSA et al., 2009).

Apesar da importância ecológica e econômica das abelhas, tem-se observado nos últimos anos o declínio desses insetos em áreas agrícolas em diversas regiões do mundo (ORSI et al., 2017). Estudos recentes apontam que o declínio das populações de abelhas *A. mellifera* tem relação direta com uma combinação de fatores, dentre eles, a exposição a produtos fitossanitários, em especial aos inseticidas (GOULSON et al., 2015; FENG et al., 2017; BERNARDES et al., 2019).

Em campo as abelhas podem ser expostas aos produtos fitossanitários basicamente de três formas distintas: contato com gotículas de uma pulverização, coleta de alimento contaminado e contato com resíduos de produtos nas plantas (COSTA et al., 2014; SILVA et al., 2015; CHAM et al., 2017; HEARD et al., 2017). Independente do modo de exposição, o contato com pesticidas pode ser letal, ou gerar efeitos subletais que podem prejudicar o comportamento natural das abelhas, como por exemplo, sua atividade de voo (PHAM-DELÈGUE et al., 2002).

Nos últimos anos, o número de pesquisas visando avaliar a toxicidade de inseticidas em abelhas com ênfase na sua preservação vem aumentando. No entanto, dentre as formas de exposição mencionadas, existe uma carência de estudos em relação ao contato desses polinizadores com resíduos de produtos químicos. Para o inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina, produto registrado para o controle de mosca branca (*Bemisia tabaci*), pulgão (*Aphis gossypii*) e tripses (*Frankliniella* spp.) em meloeiro (AGROFIT, 2022), são escassas informações sobre o efeito residual sobre polinizadores. No Brasil, Chambó et al. (2010) verificaram redução no número de visitas de *A. mellifera* nas inflorescências de girassol após o uso do inseticida Imidacloprido +

Beta-ciflutrina.

Dessa forma, é importante obter informações sobre os efeitos dos pesticidas sobre as abelhas para que se possa estabelecer um manejo adequado e tentar reduzir ao máximo a exposição dos polinizadores a esses produtos (ORSI et al., 2017). Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito letal e subletal do inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina sobre *A. mellifera*, por meio do contato residual em folhas de meloeiro pulverizadas com o referido inseticida.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS *Apis mellifera* PARA AGRICULTURA COM ÊNFASE NA CULTURA DO MELOEIRO

Dentre os agentes polinizadores, as abelhas, com destaque a espécie *A. mellifera* constituem o grupo de insetos mais importante para a polinização, visitando cerca de 90% das 107 principais culturas agrícolas de expressão econômica no mundo (KLEIN et al., 2007; ORSI et al., 2017). Sua utilização nas lavouras tem se tornado cada vez mais comum, certamente pelo seu fácil manejo, tamanho das colônias, como também pela sua eficiência e rapidez nesse processo em relação aos demais polinizadores, sendo primordial para obtenção de frutos e sementes (PIRES et al., 2016).

Mensurando os ganhos econômicos da polinização, Giannini et al. (2015) constataram em seus estudos que no Brasil, cerca de 30% das culturas apresentavam uma alta dependência por polinizadores para atingir uma produção satisfatória de frutos e sementes, expondo que a contribuição econômica dos agentes polinizadores é de aproximadamente US\$12 bilhões por ano. De acordo com Breeze et al. (2011) os ganhos econômicos por polinização de *A. mellifera* geraram um total de US\$ 14,6 bilhões nos Estados Unidos em 2005, no Reino Unido, estimou-se o ganho anual de 400 milhões nesse mesmo ano.

No Brasil, em áreas de cultivo de melão (*Cucumis melo* L.), a introdução de colônias de *A. mellifera*, tem se tornado uma prática fundamental de manejo, pois sua presença garante uma efetiva polinização, assegurando altos índices de produtividade, maior peso dos frutos e maior número de sementes por fruto (TRINDADE et al., 2004; SOUSA, 2008; SOUSA et al., 2009). Em um estudo realizado por Trindade et al. (2004), foi identificado que das poucas flores fecundadas na sua ausência houve uma grande prevalência de aborto, o mesmo ocorrendo com os frutos. Dessa forma, a presença da *A. mellifera* é indispensável na polinização do meloeiro, já que na sua ausência, praticamente, não houve produção.

## **2.2. DECLÍNIO POPULACIONAL DE ABELHAS *A. mellifera* EM ÁREAS AGRÍCOLAS**

Nos últimos anos, a abelha *A. mellifera* tem sofrido com a CCD (Desordem do Colapso da Colônia), tendo sua população reduzida em diversas regiões do mundo, porém, perdas em grande escala não são novidade para a indústria apícola; desde 1869, houve pelo menos 18 episódios de mortalidade de colônias incomumente alta documentadas internacionalmente (UNDERWOOD VANENGELSDORP, 2007).

Vários fatores foram examinados como possíveis causadores da diminuição geral desses insetos, incluindo a destruição do habitat, redução de recursos florais, presença de patógenos e parasitas, mudança climática e uso indiscriminado de defensivos para proteção de lavouras (GONZÁLEZ-VARO et al., 2013; GOULSON et al., 2015; POTTS et al., 2016; ORSI et al., 2017). Com o desaparecimento de colônias, prejuízos na agricultura vêm sendo observados, inclusive a redução significativa na produção de alimentos (IMPERATRIZ et al., 2012).

No Brasil, as perdas de colônias de abelhas *A. mellifera* são geralmente atribuídas ao uso intensivo de pesticidas em áreas agrícolas (SILVA et al., 2015, SILVA et al., 2016; CERQUEIRA; FIGUEIREDO, 2017). Freitas et al. (2009), destacam dentre as principais causas responsáveis pelo declínio nas populações de abelhas, o uso indiscriminado de produtos fitossanitários, sobretudo em áreas ocupadas com monocultivos intensos.

## **2.3. EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE INSETICIDAS SOBRE *A. mellifera***

O uso indiscriminado de pesticidas em lavouras para o controle de pragas tem prejudicado bastante a sobrevivência de polinizadores, dentre eles a espécie *A. mellifera* (ORSI et al., 2017; SANCHEZ-BAYO; GOKA, 2016). Sabendo a sua importância para a produção de alimentos e manutenção das culturas, trabalhos vêm sendo realizados com intuito de conhecer a toxicidade e os efeitos de inseticidas sobre *A. mellifera*.

Costa et al. (2014), estudaram a toxicidade dos inseticidas Abamectina, Acetamiprido, Cloridrato de Cartape, Clorfenapir, Ciromazina, Deltametrina, Tiametoxam, Flufenoxurom e Piriproxifem, em três diferentes modos de exposição

(pulverização direta, contato com folhas e fornecimento de dieta contaminada) sobre *A. mellifera*, e concluíram que independente do modo de exposição os inseticidas Tiametoxam, Abamectina e Clorfenapir foram extremamente tóxicos para *A. mellifera*.

Araújo et al. (2017) também avaliando a toxicidade de inseticidas, identificaram que os neonicotinóides Tiametoxam, Imidacloprido e Acetamiprido foram altamente tóxicos para *A. mellifera* via ingestão. Akca et al. (2009), em estudo semelhante com os inseticidas Lambda-cialotrina, Furatiocarbe, Carbaril, Carbosulfan, Benfurocarbe, Metiocarbe e Azadiractina, concluíram que Carbaril além de apresentar efeito nocivo aos insetos, mostrou efeitos tóxicos mais rapidamente que os outros inseticidas.

Roat et al. (2013) avaliando a toxicidade da dose subletal de Fipronil na atividade metabólica dos neurônios de *A. mellifera*, observaram que, mesmo em concentrações baixas, o Fipronil é prejudicial, podendo induzir vários tipos de lesões na fisiologia das abelhas. Decourtye et al. (2004) investigaram os efeitos da Deltametrina em abelhas operárias, e verificaram que o inseticida diminuiu a atividade de forrageamento, além de apresentar efeito letal para abelhas operárias.

Diante disso, estudos que buscam entender como agem os inseticidas sobre as *A. mellifera* são de extrema importância. Segundo Pinheiro & Freitas (2010), a falta de informação sobre os efeitos dos pesticidas constitui um dos principais obstáculos para o manejo adequado dos produtos, com ênfase na conservação e preservação desses agentes benéficos em áreas de produção.

#### **2.4. TOXICIDADE DE IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA SOBRE *Apis mellifera***

Imidacloprido + Beta-ciflutrina é um composto que conjuga dois princípios ativos pertencentes a grupos químicos diferentes, o primeiro ao grupo dos neonicotinóides e o segundo ao grupo dos piretróides. O Imidacloprido atua sobre o sistema nervoso de insetos, mais especificamente como agonista de receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChRs), responsáveis pela neurotransmissão pós-sináptica (MATSUDA et al., 2001). A ligação dos neonicotinóides ao nAChRs resulta em toxicidade com efeitos no sistema nervoso central similares aos da nicotina, que se manifestam como uma excitação incomum, espasmos corporais, paralisia e morte (YAMAMOTO; CASIDA, 1999).

A toxicidade e o mecanismo de ação dos piretróides dependerão de sua estrutura química (SODERLUND et al., 2002). O modo de ação dos piretróides pode ser dividido em duas categorias. O tipo I atua nos canais de sódio, e o tipo II que, além de atuarem nos canais de sódio, atuam como antagonistas dos receptores do GABA, ambos levando à despolarização da membrana (CASIDA, 1980; WATKINSON, 1989; TAYLOR, 2001).

Chambó et al. (2010), ao avaliar os impactos de inseticidas sobre a visitação de abelhas na cultura do girassol, constataram uma redução no número de visitas de *A. mellifera* nas inflorescências da planta após a utilização de Imidacloprido + Beta-ciflutrina, sugerindo que o menor número de abelhas visitantes se deve a repelência causada pelo inseticida do grupo químico neonicotinóide + piretróide.

Gill et al. (2012), ao realizar exposições combinadas de dois inseticidas (neonicotinóides e piretróides) em concentrações próximas da exposição a nível de campo, observaram que houve redução na capacidade de forrageamento das abelhas, aumento na mortalidade e redução da área de cria. Os neonicotinóides atuam no sistema nervoso central dos insetos como agonistas da acetilcolina nos receptores nicotínicos pós-sinápticos (NAUEN et al., 2001). Ao contrário da acetilcolina, que é hidrolisada pela enzima acetilcolinesterase nos receptores nicotínicos, as moléculas dos neonicotinóides não são degradadas imediatamente, dessa forma os impulsos nervosos são transmitidos continuamente, levando à hiperexcitação do sistema nervoso. Enquanto que os piretróides aumentam o tempo de entrada dos íons de sódio para o interior da célula, por interferir na abertura e fechamento dos canais neurais de sódio (GALLO et al., 2002).

Gomes et al. (2020) avaliando os efeitos dos inseticidas Azadiractina, Piriproxifeno, Clorantraniliprole e Imidacloprido sobre *A. mellifera*, observaram que o Imidacloprido causou mortalidade acima de 90% em todas as vias de exposição testadas (ingestão e contato com resíduos). Rossi et al. (2013) testando doses subletais de Imidacloprido através da exposição crônica, descobriram que essa substância ocasiona efeitos citotóxicos no cérebro das abelhas *A. mellifera*, sendo os lóbulos ópticos os mais sensíveis. Carrilo et al. (2013) avaliando a influência dos inseticidas Imidacloprido e Fipronil na aprendizagem de *A. mellifera*, concluíram que esses

inseticidas causam uma diminuição significativa na aprendizagem olfativa das abelhas, sendo extremamente nocivos à atividade de forrageamento. Além do efeito direto na mortalidade e no comportamento, o Imidacloprido pode também ocasionar redução de resistência das abelhas á patógenos (PETTIS et al., 2012).



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA), pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal – PB.

Para realização do trabalho foram utilizadas operárias adultas de *A. mellifera* provenientes de 05 colônias pertencentes ao apiário da UAGRA/CCTA/UFCG. O inseticida avaliado foi o inseticida sistêmico Connect<sup>®</sup> (Imidacloprido + Beta-ciflutrina) nas três doses recomendadas para o manejo de pragas na cultura do meloeiro (Tabela 1). O inseticida Actara<sup>®</sup> (Tiametoxam) foi utilizado, na dose máxima recomendada pelo fabricante para o controle de pragas em meloeiro (600 g/ha), como testemunha positiva.

INGREDIENTE ATIVO	GRUPO QUÍMICO	DOSE UTILIZADA	PRAGAS ALVO
		500 mL/ha (0,1 g i.a/L de Imidacloprido + 0,0125 g i.a/L de Beta-Ciflutrina)	<i>Myzus persicae</i> <i>Thrips tabaci</i> <i>Bemisia tabaci</i> raça B
Imidacloprido + Beta-Ciflutrina	Neonicotinoide e Piretróide	750 mL/ha (0,15 g i.a/L de Imidacloprido + 0,01875 g i.a/L de Beta-Ciflutrina)	<i>Myzus persicae</i> <i>Thrips tabaci</i> <i>Bemisia tabaci</i> raça B
		1000 mL/ha (0,2 g i.a/L de Imidacloprido + 0,025 g i.a/L de Beta-Ciflutrina)	

**TABELA 1.** Inseticidas e respectivas dosagens (mínima, intermediária e máxima) avaliadas com relação à toxicidade residual sobre *Apis mellifera*, Pombal-PB, 2021.

#### 3.1. BIOENSAIO 1: TOXICIDADE RESIDUAL DE IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA SOBRE *Apis mellifera*

O bioensaio 1 foi realizado em delineamento inteiramente casualizado composto por 5 tratamentos [Testemunha absoluta – água destilada; Testemunha positiva – Actara<sup>®</sup> (Tiametoxam)- 600g/ha; Connect<sup>®</sup> (Imidacloprido + Beta-ciflutrina)- 500 mL/ha;

Connect<sup>®</sup> (Imidacloprido + Beta-ciflutrina)- 750 mL/ha; Connect<sup>®</sup> (Imidacloprido + Beta-ciflutrina)- 1000 mL/ha] em 10 repetições, sendo cada unidade experimental formada por 10 abelhas adultas.

Para avaliar a toxicidade residual do inseticida, inicialmente foram produzidas plantas de meloeiro amarelo, cultivar Iracema (SAKATA<sup>®</sup>) (uma das principais cultivares plantadas na região Nordeste), na casa de vegetação do CCTA/UFCG. As plantas foram produzidas e mantidas em vasos (com capacidade de 1 kg) contendo como substrato solo + esterco bovino (proporção de 2:1), sendo irrigadas três vezes ao dia. Quando as plantas atingiram o número mínimo de seis folhas definitivas, foram selecionadas 10 plantas para cada tratamento.

As plantas selecionadas foram pulverizadas com os respectivos tratamentos, com auxílio de um pulverizador manual, simulando uma aplicação dos produtos em campo. Em seguida, para a devida secagem dos produtos pulverizados, as plantas foram transferidas para um local arejado e à sombra, onde permaneceram durante 1 h. Após a secagem foi realizado o corte das folhas, na altura do pecíolo, e em seguida colocadas em arenas (recipientes plásticos com 15 cm de diâmetro por 15 cm de altura e extremidade parcialmente coberta com tecido antiáfideo para possibilitar a adequada circulação de ar no ambiente) juntamente com um chumaço de algodão embebido em água e a dieta artificial (pasta Cândi). Para facilitar o manuseio durante a realização do bioensaio, as abelhas foram previamente anestesiadas utilizando-se o frio ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$  durante aproximadamente 90 segundos). Posteriormente, as operárias adultas de *A. mellifera* foram liberadas no interior das arenas para o contato com os resíduos dos inseticidas.

Após a aplicação dos tratamentos foi avaliada a mortalidade e o comportamento (prostração, tremores, paralisia, etc.) das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12 e 24 horas após o início da exposição aos inseticidas. As abelhas que não respondiam a estímulos mecânicos (toques no corpo) a cada período de avaliação foram registradas como mortas (COSTA et al., 2014).

### **3.2. BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE VOO DA ABELHA *Apis mellifera* APÓS A EXPOSIÇÃO RESIDUAL AO INSETICIDA IMIDACLOPRIDO + BETA- CIFLUTRINA**

A capacidade de voo foi avaliada para todas as abelhas que sobreviveram após as 24 horas de exposição aos resíduos do inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina. Para avaliar a atividade de voo foram utilizadas torres de voo seguindo a metodologia proposta por Gomes et al. (2020).

Foi utilizada uma torre de voo com estrutura de madeira (35 x 35 x 105 cm) e com as laterais revestidas de plástico, aberta em seu interior para que as abelhas pudessem voar livremente entre o piso e a lâmpada (topo da torre). O experimento foi conduzido em uma sala escura sob temperatura média ambiente de  $26^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  e UR de  $65 \pm 10 \%$ , onde a única fonte de luz foi a lâmpada instalada no topo da torre de voo. Cada abelha sobrevivente foi solta individualmente na base da torre e foi concedido o tempo de um minuto para que as mesmas realizassem o voo, sendo anotando os níveis de altura que cada abelha atingiu. A torre de voo apresentou cinco níveis de altura: 0 (base da torre), 1 (de 1 cm a 30 cm de altura), 2 (de 31 cm a 60 cm de altura), 3 (de 61 cm e 90 cm de altura) e 4 (de 91 cm até 115 cm, local onde estava a lâmpada).

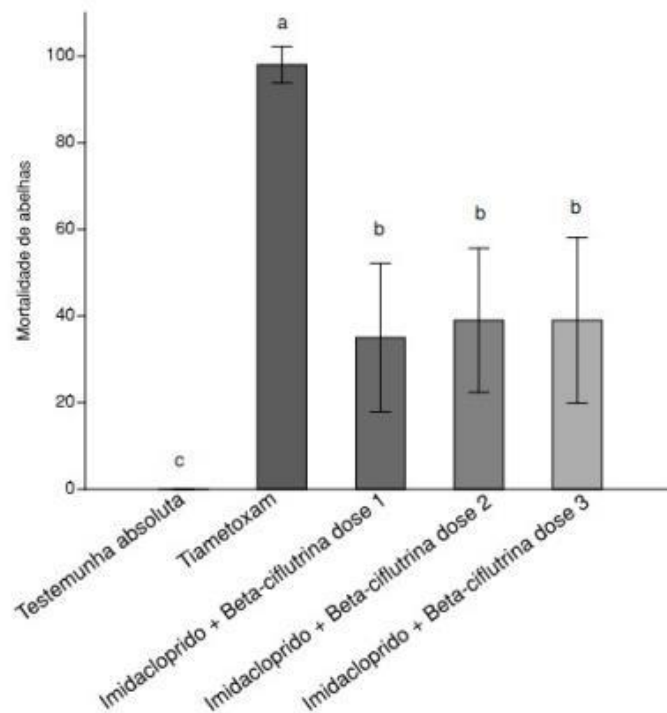
### **3.3. ANÁLISE DOS DADOS**

A porcentagem de mortalidade foi calculada para cada tratamento e corrigida usando a equação de Abbott (1925), sendo em seguida aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (1952) a nível de 5% de significância, seguido do teste de Wilcoxon. Os dados de sobrevivência dos adultos foram analisados utilizando-se o pacote Survival (THERNEAU; LUMLEY, 2010) do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011) e submetidos à análise de distribuição de Weibull. Tratamentos com efeitos similares (toxicidade e velocidade de mortalidade) foram agrupados por meio de contrastes. O tempo letal mediano ( $TL_{50}$ ) também foi calculado para cada grupo. Os dados de capacidade de voo foram discutidos de maneira descritiva e apresentados em gráficos.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. BIOENSAIO 1: TOXICIDADE RESIDUAL DE IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA SOBRE *Apis mellifera*

As doses avaliadas de Imidacloprido + Beta-ciflutrina diferiram significativamente das testemunhas positiva e absoluta. Não houve diferença significativa para mortalidade das operárias adultas de *A. mellifera* quando expostas a Imidacloprido + Beta-ciflutrina, independente da dose, sendo observados 35%, 39% e 39% de mortalidade para menor, intermediária e maior dose, respectivamente. Ressalta-se que Imidacloprido + Beta-ciflutrina foi menos letal do que a testemunha positiva, o inseticida Tiametoxam, que provocou a morte de aproximadamente 100% das abelhas em 24 horas de observação (FIGURA 1).

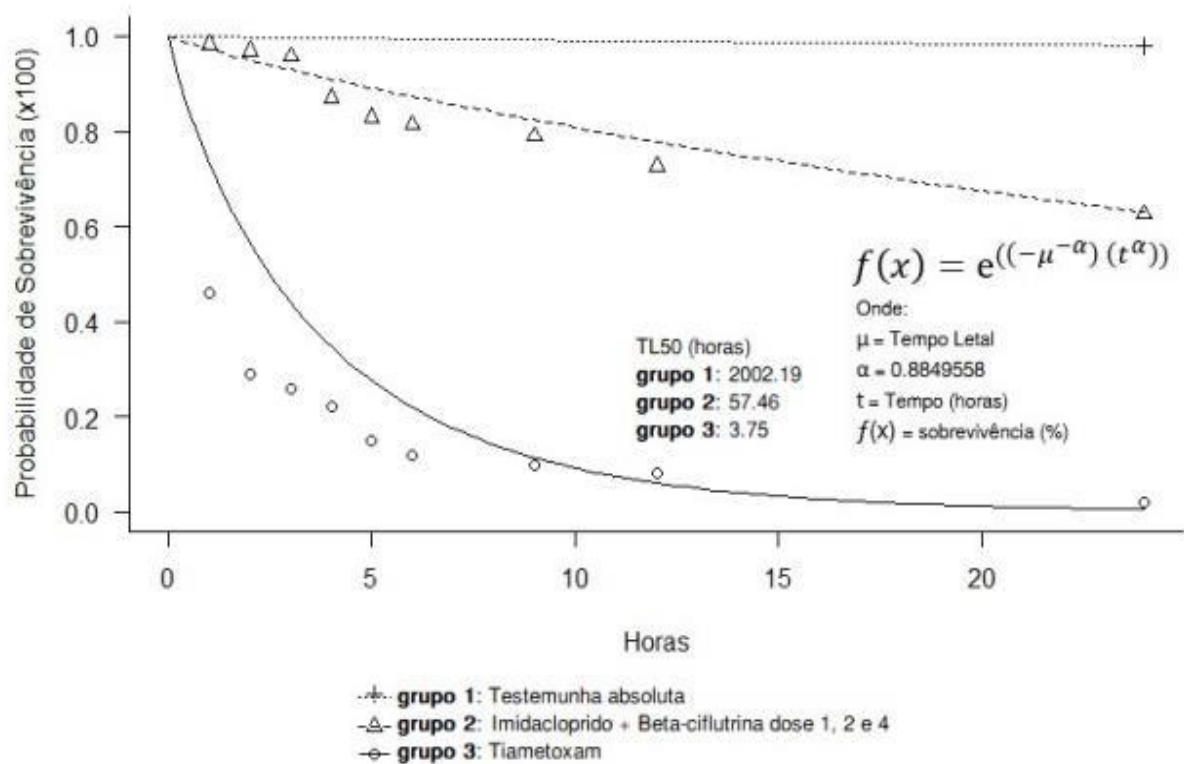


**FIGURA 1.** Mortalidade de abelhas africanizadas *Apis mellifera* expostas a resíduos de inseticidas, Pombal-PB, 2021.

Em relação ao comportamento dos insetos, as abelhas que sobreviveram após exposição residual ao inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina, independente da dose,

apresentaram distúrbios motores como tremores, prostração e paralisia.

Além disso, quanto a análise de sobrevivência, foi observado que o inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina apresentou tempo letal mediano (TL<sub>50</sub>) muito inferior a testemunha absoluta, porém superior ao inseticida Tiametoxam. O Imidacloprido + Beta-ciflutrina proporcionou menor velocidade de mortalidade das abelhas em relação a testemunha positiva, apresentando TL<sub>50</sub> de 57,46 horas nas doses mínima, intermediária e máxima, enquanto que a testemunha positiva apresentou TL<sub>50</sub> de 3,75 horas (FIGURA 2).

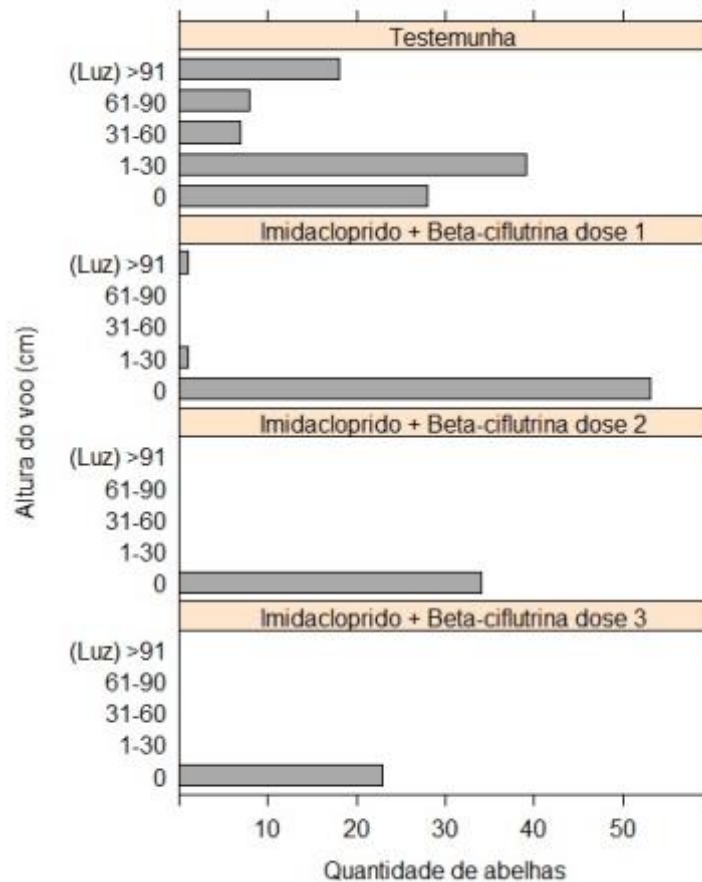


**FIGURA 2.** Sobrevivência (%) de operárias de *Apis mellifera* após o contato com folhas de meloeiro contaminadas com os produtos fitossanitários, tempos letais (TL<sub>50</sub>) em horas, Pombal-PB, 2021.

#### 4.2. BIOENSAIO 2: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE VOO DA ABELHA *Apis mellifera* APÓS A EXPOSIÇÃO AO INSETICIDA IMIDACLOPRIDO + BETA-CIFLUTRINA

Para avaliar a atividade de voo foram utilizadas apenas abelhas da testemunha

absoluta (água destilada) e as expostas aos resíduos do inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina, haja vista que não houve abelhas sobreviventes da testemunha positiva. Observou-se que as abelhas da testemunha absoluta conseguiram atingir diferentes níveis de altura de voo e mesmo as que ficaram na base da torre não demonstraram nenhum distúrbio motor aparente, apenas não voaram. Já para as abelhas que sobreviveram após exposição as três doses avaliadas de Imidacloprido + Beta-ciflutrina, foi observado que praticamente 100% dos insetos não conseguiu voar, permanecendo na base da torre e apresentando deficiência de mobilidade, sendo notório o prejuízo que Imidacloprido + Beta-ciflutrina acarretou na capacidade de voo de *A. mellifera* (FIGURA 3).



**FIGURA 3.** Número de sobreviventes de *Apis mellifera* capazes de voar diferentes alturas na torre de voo 24 horas após exposição aos tratamentos, Pombal-PB, 2021.

## 5. DISCUSSÃO

Na literatura ainda são escassas informações sobre o efeito residual do Imidacloprido + Beta-ciflutrina sobre *A. mellifera*, havendo apenas o trabalho de Chambó et al. (2010). Os referidos autores observaram redução no número de visitas de *A. mellifera* nas inflorescências de girassol após o uso do inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina, não havendo morte de abelhas durante o experimento, fato que os autores atribuem à maneira pela qual o produto foi aplicado às plantas, ou seja, no terço médio inferior das plantas, e ao horário de aplicação, em que as abelhas não estavam forrageando.

Os resultados do presente trabalho mostram que as doses testadas de Imidacloprido + Beta-ciflutrina ocasionaram mortalidade superior em relação a testemunha absoluta, porém foi significativamente menos tóxico que a testemunha positiva, o inseticida Tiametoxam, produto reconhecidamente letal a *A. mellifera* por via residual (COSTA et al., 2014). Gomes et al. (2020), verificaram em seus estudos que Imidacloprido, isoladamente, via contato residual, foi extremamente tóxico para as abelhas, causando quase 100% de mortalidade. Em estudo semelhante, Orsi et al. (2017) observaram que através da ingestão e contato, os inseticidas Fipronil e Imidacloprido mesmo em baixas doses foram altamente tóxicos e promoveram alterações motoras nas abelhas.

No bioensaio de avaliação da atividade de voo das abelhas após a exposição à Imidacloprido + Beta-ciflutrina foi constatado que o inseticida causa efeitos subletais em *A. mellifera*, alterando as funções motoras destes polinizadores, interferindo assim na capacidade de voo dos mesmos. Shneider et al. (2012) relataram redução significativa de voo e da atividade de forrageamento em abelhas melíferas operárias submetidas a ingestão de alimento contaminado com dose subletal de Imidacloprido (0,0015g/abelha).

Os resultados gerais podem ser relacionados ao mecanismo de ação do neonicotinóide Imidacloprido e do piretróide Beta-ciflutrina. O Imidacloprido é um inseticida neonicotinóide amplamente utilizado nas culturas, atuando como agonista da acetilcolina, que ao se ligar aos receptores nicotínicos de acetilcolina, este inseticida

não é degradado pela acetilcolinesterase, causando hiperexcitabilidade e morte do inseto (CASIDA; DURKIN, 2013). A exposição à Imidacloprido pode prejudicar as funções cognitivas das abelhas, memória e aprendizagem, interferindo, portanto, em atividades vitais (FISCHER et al., 2014). Os piretróides aumentam o tempo de entrada dos íons de sódio para o interior da célula, por interferir na abertura e fechamento dos canais neurais de sódio (GALLO et al., 2002). Os piretróides afetam o sistema nervoso periférico e central do inseto, estimulam as células nervosas a produzir descargas repetitivas, causando paralisia no inseto (BRAGA; VALE, 2007). As alterações no comportamento das abelhas, causadas pela exposição a inseticidas pode diminuir o desempenho das abelhas em campo, afetando a atividade de forrageio e conseqüentemente, a oferta de alimento na colônia, comprometendo a manutenção e sobrevivência da mesma (COLIN et al., 2004).

Tudo isso reflete diretamente nos serviços de polinização. Através da polinização, as abelhas *A. mellifera* oferecem um serviço essencial por meio de seu papel na produção de alimentos na agricultura, além de proporcionarem melhorias nos meios de subsistência e na conservação da biodiversidade biológica (MARTINS et al., 2020). Tendo em vista a importância das abelhas para a polinização de plantas e para a cadeia produtiva de diversos produtos, torna-se evidente a necessidade da conservação das mesmas, principalmente as abelhas *A. mellifera* nos sistemas de cultivo, de modo que estas não sejam intoxicadas por agrotóxicos, sendo de extrema importância conhecer a ação dos agrotóxicos no ambiente e entender o impacto que os mesmos têm sobre os polinizadores.

Esses são os primeiros resultados sobre o efeito residual do inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina em folhas de meloeiro sobre *A. mellifera*. Os resultados obtidos irão contribuir para novas pesquisas e auxiliar na conservação desta espécie nas áreas de produção. Salienta-se que a aplicação de produtos fitossanitários deve ser evitada na pré-florada e durante a florada, visando minimizar os riscos de contaminação de abelhas. Caso seja necessária a utilização do controle químico durante esse período, a pulverização deve ser realizada com produtos de baixa toxicidade para as abelhas, ao entardecer ou à noite, quando elas não estão em atividade no campo.



## 6. CONCLUSÃO

Independente da dose, o inseticida Imidacloprido + Beta-ciflutrina mostrou-se tóxico para operárias adultas de *A. mellifera* via contato residual em folhas de meloeiro, causando além de mortalidade, alterações motoras e redução notória na capacidade de voo das abelhas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AKCA, I.; TUNCER, C.; GÜLER, A. & SARUHAN, I. Toxicidade residual de 8 diferentes inseticidas em abelhas (*Apis mellifera* Hymenoptera: Apidae). **Journal of Animal and Veterinary advances**, v. 8, n3, p. 436-440, 2009.

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

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, n. 11, p. 1051–1057, 2007.

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

BERNARDES, R. C.; MARQUES, R. D.; LIMA, M. A. P. Declínio de abelhas silvestres e agroecologia. **Pesquisa em Agroecologia: conquistas e perspectivas**, p. 74, 2019.

BRAGA, IMA APARECIDA; VALLE, DENISE. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v.16, n.4, p.279-293, out-dez, 2007.

BREEZE, T. D., BAILEY, A. P., BALCOMBE, K. G., & POTTS, S. G. Pollination services in the UK: how important are honeybees?. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 142, n. 3-4, p. 137-143, 2011.

CARRILLO, 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, p. 431-434, 2013.

CASIDA, J. E. and DURKIN, K. A. Neuroactive Insecticides: Targets, Selectivity, Resistance, and Secondary Effects. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 99-117, 2013.

CASIDA, J. E. Pyrethrum flowers and pyrethroid insecticide. **Environmental Health Perspectives**, v.34, n. 1, p.189-202, 1980.

CERQUEIRA, A.; FIGUEIREDO, R. A. Percepção ambiental de apicultores: Desafios

do atual cenário apícola no interior de São Paulo. **Acta Brasiliensis**, v. 1, n. 3, p. 17-21, 2017.

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

CHAMBÓ, E. D.; GARCIA, R. C.; OLIVEIRA, N. T. E.; & DUARTE-JÚNIOR, J. B. Application of insecticide and its impact on the visitation of bees (*Apis mellifera* L.) in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 1, p. 37-42, 2010.

COLIN, M.E.; BONMATIN, J.M.; MOINEAU, I.; GAIMON, C.; BRUN, S. VERMANDERE, J.P. A method to quantify and analyze the foraging activity of honey bees: relevance to the sublethal effects induced by systemic insecticides. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** v. 47, n. 3, pág. 387-395, 2004.

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

DE ALMEIDA ROSSI, C., ROAT, T. C., TAVARES, D. A., CINTRA-SOLOWSKI, P., & MALASPINA, O. Effects of sublethal doses of imidacloprid in malpighian tubules of africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Microscopy research and technique**, v. 76, n. 5, pág. 552-558, 2013.

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

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

FENG, Y.; LUTHRA, A.; DING, K.; YANG, Y.; SAVAGE, J.; WEI, X.; MOESCHTER, R.; AHUJA, S.; VILLEGAS, V.; TORBINA, B.; AHOOJA, A.; ELLIS, T.; BOECHLER, A. M.; ROBERTS, A. Mid-infrared spectroscopy study of effects of neonicotinoids on forager honey bee (*Apis mellifera*) fat bodies and their connection to colony collapse disorder. bioRxiv, p. 205112, 2017.

FISCHER J, MÜLLER T, SPATZ A-K, GREGGERS U, GRÜNEWALD B, MENZEL R (2014) Neonicotinoids Interfere with Specific Components of Navigation in Honeybees. **PLoS ONE** 9(3): e91364. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091364>>. Acesso em: 11 fev. 2022.

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

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.; FREITAS, B.M.; SARAIVA, A.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. The Dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v.108, p..849-857, 2015.

GILL, R. J.; RAMOS-RODRIGUEZ, O.; RAINE, N. E. Combined pesticide exposure severely affects individual-and colony-level traits in bees. **Nature**, v. 491, n. 7422, p. 105-108, 2012.

GODFRAY, H. C. J.; BLACQUIÈRE, T.; FIELD, F. M.; HAILS, R. S.; PETROKOFISKY, G.; POTTS, S.G.; RAINE, N. E.; VANDERGEN, A. J.; MCLEAN, A. R. 2014. A restatement of the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. Proc. R. Soc. B 281: 20140558. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.0558>>. Acesso em: 11 fev. 2022.

GONZÁLEZ-VARO, JP, BIESMEIJER, JC, BOMMARCO, R., POTTS, SG, SCHWEIGER, O., SMITH, HG, STEFFAN-DEWENTER, I., SZENTGYÖRGYI, H., WOYCIECHOWSKI, M. & VILÀ, M. (2013). Efeitos combinados das pressões da mudança global na polinização mediada por animais. **Trends in Ecology & Evolution**, 28.

GOULSON, D.; NICHOLLS, E.; BOTÍAS, C.; ROTHERAY, E. L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. **Science**, v. 347, n. 6229, p.1255957, 2015.

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

IMPERATRIZ-FONSECA, VERA L., GONÇALVES, L. S., FRANCOY, T. M., & NUNES-SILVA, P. O desaparecimento das abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as perspectivas do uso de abelhas não melíferas na polinização. Doc. (**Embrapa Semi-Árido. Online**), v. 249, p. 210- 233, 2012.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. Pollinators, flowering plants and conservation biology. **BioScience**, v.47, p. 297-307, 1997.

KLEIN, A. M.; VAISSIERE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the royal society B: biological sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

LEONHARDT, S. D.; GALLAI, N.; GARIBALDI, L. A.; KUHLMANN, M.; KLEIN, A. M.

Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. **Basic and Applied Ecology**, v. 14, n. 6, p. 461-471, 2013.

LUNARDI, J. S.; ZALUSKI, R.; ORSI, R. O. Evaluation of motor changes and toxicity of insecticides Fipronil and imidacloprid in Africanized Honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 64, n. 1, p. 50-56, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/169785>>. Acesso em: 17 dez. 2021.

MARTINS, A. M. L. B.; SOUSA, J. J.; SANTOS, K. P. P.; BASTOS, E. M.; LIMA, A. S. A importância das abelhas na polinização do cajueiro na localidade Riachão-Itaipópolis- PI. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 1-5, 2020.

MATSUDA, K., BUCKINGHAM, S. D., KLEIER, D., RAUH, J. J., GRAUSO, M., & SATTELLE, D. B. Neonicotinoids: insecticides acting on insect nicotinic acetylcholine receptors. **Trends in pharmacological sciences**, v. 22, n. 11, p. 573-580, 2001.

NAIARA GOMES, I.; INGRED CASTELAN VIEIRA, K.; MOREIRA GOTIJO, L. *et al.* A sobrevivência e a capacidade de voo das abelhas são comprometidas pelos inseticidas utilizados no controle de pragas do melão no Brasil. **Ecotoxicologia** 29, 97-107 (2020). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10646-019-02145-8>>. Acesso em: 01 fev. 2022.

NAUEN, R., EBBINGHAUS-KINTSCHER, U., ELBERT, A., JESCHKE, P., & TIETJEN, K. Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides. In: **Biochemical sites of insecticide action and resistance**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2001. p. 77-105.

PACÍFICO-DA-SILVA, I., MELO, MM, & SOTO-BLANCO, B. Efeitos tóxicos dos pesticidas para as abelhas. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 10, n. 1, p. 142-157, 2016.

PETTIS, J. S., VANENGELSDORP, D., JOHNSON, J., & DIVELY, G. (2012). Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. **Naturwissenschaften**, 99(2), 153-158. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00114-011-0881-1>>. Acesso em: 09 de mai. 2021.

PINHEIRO, J. N., & FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O.; PETTIS, J. S.; TEIXEIRA, E. W. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 422-442, 2016.

PHAM-DELÈGUE, M. H., DECOURTYE, A., KAISER, L., & DEVILLERS, J. Behavioural methods to assess the effects of pesticides on honey bees. **Apidologie**, v. 33, n. 5, p. 425-432, 2002.

POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.;

KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

POTTS, SG, IMPERATRIZ-FONSECA, V., NGO, HT, AIZEN, MA, BIESMEIJER, JC, BREEZE, TD, DICKS, LV, GARIBALDI, LA, HILL, R., SETTELE, J. & VANBERGEN, AJ. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature** 540, 220–229 (2016). Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nature20588>>. Acesso em 25 jun. 2021.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. 2011. Disponível em:< <http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 09 mai. 2021.

REVISTA EXAME. Meio bilhão de abelhas morreram no Brasil — e isso é uma péssima notícia. **Grupo Abril**, 2019. Disponível em <<https://exame.abril.com.br/brasil/meio-bilhao-de-abelhas-morreram-no-brasil-e-isso-e-uma-pessima-noticia/>>. Acesso em: 06 de mai. 2021.

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

RIBEIRO, N. A. A.; BARBARA, G; DE MARCO F., DAGMAR A. as dificuldades da polinização na agricultura através da espécie de abelha europeia *Apis mellifera*. **Anais do fórum de iniciação científica do UNIFUNEC**, v. 8, n. 8, 2017.

ROAT, T. C.; CARVALHO, S. M.; NOCELLI, R. C.; SILVA-ZACARIN, E.; PALMA, M. S. & MALASPINA, O. (2013). Efeitos da dose subletal de fipronil na atividade metabólica neuronal de abelhas africanizadas. **Arquivos de contaminação ambiental e toxicologia**, 64 (3), 456-466.

SANCHEZ-BAYO, F. & GOKA, K. (2016). Impacts of Pesticides on Honey Bees. In (Ed.), *Beekeeping and Bee Conservation - Advances in Research*. IntechOpen. Disponível em: <<https://doi.org/10.5772/62487>>. Acesso em: 14 jan. 2022.

SCHNEIDER CW, TAUTZ J, GRÜNEWALD B, FUCHS S (2012) RFID Tracking of Sublethal Effects of Two Neonicotinoid Insecticides on the Foraging Behavior of *Apis mellifera*. **PLoS ONE** 7(1): e30023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030023>>. Acesso em: 14 jan. 2022.

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**, v. 46, n. 6, p. 703-715, 2015.

SODERLUND, D. M., CLARK, J. M., SHEETS, L. P., MULLIN, L. S., PICCIRILLO, V. J., SARGENT, D. & WEINER, M. L. (2002). Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. **Toxicology**, v. 171, n. 1, p. 3-59, 2002.

SOUSA, R. M. Polinização, manejo de colmeias e requerimentos do meloeiro. Produção Integrada de Melão. Embrapa Agroindústria Tropical, **Banco do Nordeste do Brasil**, Fortaleza, CE, Brasil, p. 173-180, 2008.

SOUSA, R. M.; AGUIAR, O. S.; FREITAS, B. M.; NETO, A. A. S.; PEREIRA, T. F. C. Requerimentos de polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no município de Acaraú – CE – Brasil. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.238-242, 2009.

TAYLOR, M.A. Recent developments in ectoparasiticides. **The Veterinary Journal**, v.161, n.3, p.253-268, 2001.

THERNEAU, T.; LUMLEY, T. survival: Survival analysis, including penalised likelihood. R package version 2.36-2, 2010. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=survival>. Acesso em: 09 maio. 2021.

TRINDADE, M. S. A.; SOUSA, A. H.; VASCONCELOS, W. E.; FREITAS, R. S.; SILVA, A. M. A.; PEREIRA, D. S.; MARACAJÁ, P. B. Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.4, n.1,2004.

UNDERWOOD R.; VANENGELSDORP D. (2007) Desordem de Colapso de Colônias: já vimos isso antes? *Culto das Abelhas* 35: 13–18.

WATKINSON, I. A. (1989). Pyrethroids and the economics of pest management. **Pesticide Science**, v. 27, n. 4, pág. 465-469, 1989.

YAMAMOTO, I., & CASIDA, J. E. (1999). Nicotinoid insecticides and the nicotinic acetylcholine receptor.