



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

**EFEITO LETAL DE FLUPIRADIFURONA SOBRE *Apis mellifera*
(HYMENOPTERA: APIDAE) EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO**

PATRICIA RAQUEL MATOS DA SILVA

POMBAL-PB

2021

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

**EFEITO LETAL DE FLUPIRADIFURONA SOBRE *Apis mellifera*
(HYMENOPTERA: APIDAE) EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO**

PATRICIA RAQUEL MATOS DA SILVA

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
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

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

POMBAL-PB

Maio 2021

S586e

Silva, Patrícia Raquel Matos da.

Efeito letal de flupiradifurona sobre *Apis mellifera* (Hymenoptera: apidae) em condições de laboratório. / Patrícia Raquel Matos da Silva. - Pombal, 2021.

29 f. : il.

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

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

Referências.

1. Abelhas. 2. Abelhas africanizadas. 3. *Apis mellifera*. 4. Flupiradifurona - letalidade. 5. Toxicidade - abelhas africanizadas. I. Costa, Ewerton Marinho da. II. Título.

CDU 638.1(043)

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

**EFEITO LETAL DE FLUPIRADIFURONA SOBRE *Apis mellifera*
(HYMENOPTERA: APIDAE) EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO**

PATRICIA RAQUEL MATOS DA SILVA

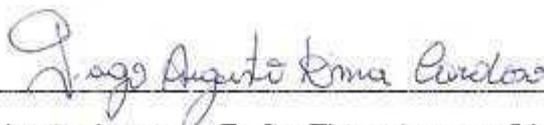
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias do
Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar
da Universidade Federal de Campina Grande,
Curso de Agronomia, como requisito para
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: **17/05/2021**

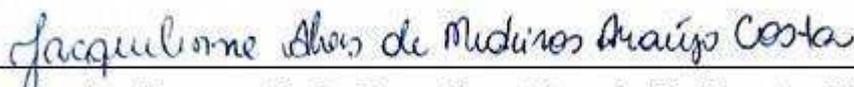
BANCA EXAMINADORA



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. Jacquelinne Alves de Medeiros Araújo Costa

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para chegar até aqui, aos meus pais Francisco Das Chagas e Maria Aparecida, a minha irmã Priscilla Matos, e avó materna Rubenita Alves (In memoriam), por todo apoio e amor que foram imprescindíveis para que esse sonho se concretizasse.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, coragem, força e bênçãos em minha vida que foram essenciais para que eu não desistisse dos meus sonhos. Toda honra e glória a ti, senhor.

Aos meus pais, Francisco das Chagas Duarte da Silva e Maria Aparecida de Matos Silva, por todo amor, carinho e dedicação, sem o apoio de vocês nada disso seria possível, vocês são o meu maior orgulho e exemplo de coragem. Essa conquista é nossa!

A minha irmã Priscilla Rayanne de Matos Silva, pelo incentivo para cursar Agronomia, por sempre me ajudar e me impulsionar a ir atrás dos meus sonhos.

Aos meus avós paternos, e maternos (In memoriam), por todo apoio e carinho, em especial a minha avó materna Rubenita, que em vida foi minha segunda mãe, e sempre teve o sonho de me ver graduada. Seu sonho foi concretizado vovó, essa conquista foi principalmente para a senhora.

As minhas amigas Mariana Xavier, Makaline Rodrigues, que sempre me deram apoio e suporte emocional para não desistir e alcançar meus objetivos. Obrigada pelo apoio e amizade.

Aos meus amigos, Mateus Gonçalves, Cristina Amaral, Helenna Thayná, Leidiana Xavier, Matheus Nóbrega, João Segundo, Mikaele Fernandes, Maria Eduarda, Isabel Queiroga, Mirna Larissa, pela amizade e pelos inúmeros momentos de descontração, vocês contribuíram para que essa jornada fosse mais leve.

Ao meu Orientador, Prof. D. Ewerton Marinho da Costa, pela orientação, ensinamentos, conselhos e paciência durante a minha formação acadêmica. Obrigada por acreditar na minha capacidade.

A banca examinadora, Prof. D. Tiago Augusto Lima Cardoso e a Dra. Jacqueline Alves de Medeiros Araújo Costa, por todas as contribuições para melhoria deste trabalho.

Aos amigos do grupo de pesquisa GEENTO, em especial a Diego Albuquerque, Carlos Henrique, Ana Paula e Leandro Clemente, por todo auxílio prestado para que este trabalho fosse realizado.

Aos meus amigos da turma 2015.2, em especial as meninas do meu grupo de estudos, Andréia e Karoline, por todo suporte e apoio. As nossas noites de estudo valeram a pena. Agradeço também a Mariana, Idelvan, Pablo, Valéria, Smyth, Jonathan, Arthur Vinícius, Arthur Dimas, Leônidas, Carlysson, Éder, Eryques e Thiago por todo apoio e ajuda durante esses cinco anos de graduação. Sempre lembrarei de vocês, desejo muito sucesso a todos!

A secretaria de Agricultura e Abastecimento do município de Pombal – PB, e todos os seus funcionários, em especial, ao secretário Fernando Gomes e o Engenheiro Agrônomo Leonardo Alves, pela oportunidade de estágio concedida a mim, contribuindo imprescindivelmente para minha formação acadêmica.

A Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, especialmente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA e todo o seu corpo docente, técnicos e terceirizados, pela oportunidade e contribuição para a realização do meu sonho.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de maneira direta ou indireta para que essa conquista fosse alcançada.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

SILVA, P. R. M. **Efeito letal de Flupiradifurona sobre *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) em condições de laboratório.** UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR, UFCG, maio de 2021, 29 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Orientador: Prof. D. Ewerton Marinho da Costa.

Abelhas *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) são os principais polinizadores de plantas cultivadas em todo o mundo. Entretanto, o uso abusivo de produtos fitossanitários, com destaque para os inseticidas, tem acarretado grande declínio na população desses polinizadores em diversas áreas agrícolas. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito letal do inseticida Flupiradifurona sobre operárias adultas de *A. mellifera*, por meio de três modos de exposição: pulverização direta sobre as abelhas, ingestão de alimento contaminado e contato das abelhas com os resíduos do inseticida. O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil. Para realização do trabalho foram utilizadas operárias adultas de *A. mellifera* oriundas de colmeias pertencentes ao apiário do CCTA/UFCG. O inseticida Flupiradifurona foi avaliado nas doses mínima, intermediária e máxima recomendadas pelo fabricante. Foram utilizados água destilada para testemunha absoluta e o inseticida Tiametoxam para testemunha positiva. O efeito letal do inseticida foi avaliado por meio de três formas de exposição: via pulverização direta, via ingestão de dieta contaminada e via contato das abelhas com superfície tratada. Após a aplicação dos tratamentos, foram avaliadas a mortalidade e o comportamento das abelhas (prostração, tremores, paralisia) a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 horas após o início da exposição ao inseticida. O inseticida Flupiradifurona, via pulverização direta sobre *A. mellifera*, ocasionou a mortalidade de 96,8%, 96,9% e 98,9% dos insetos nas doses mínima, intermediária e máxima recomendadas pelo fabricante. Quanto à mortalidade das abelhas no bioensaio de ingestão de dieta contaminada, baixo percentual de mortalidade foi observado, com valores de 7,2%, 7,3% e 8,6% para as doses mínima, intermediária e máxima respectivamente. Via contato residual das abelhas com o inseticida, Flupiradifurona ocasionou mortalidade de 68,7%, 69,5% e 71,2% nas abelhas para as doses mínima, intermediária e máxima, respectivamente. Flupiradifurona foi responsável por distúrbios motores (tremores, prostração, paralisia) nas abelhas em todos os modos de exposição e doses avaliadas. Independentemente da dose, Flupiradifurona foi altamente tóxico para operárias adultas da abelha *A. mellifera* via pulverização direta e contato com resíduos do produto. Flupiradifurona foi pouco tóxico para operárias adultas de *A. mellifera* via fornecimento de dieta contaminada pelo inseticida.

Palavras Chaves: Abelhas Africanizadas, Declínio, Inseticida, Toxicidade.

ABSTRACT

SILVA, P. R. M. **Lethal effect of flupyradifurone on *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) under laboratory conditions.** ACADEMIC UNIT OF AGRICULTURAL SCIENCES, CENTER OF SCIENCES AND AGRICULTURAL TECHNOLOGY, UFCG, May 2021, 29 p. Completion of course work. Advisor: Prof. D. Ewerton Marinho da Costa.

Honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) are the main pollinators of plants cultivated worldwide. However, the abusive use of phytosanitary products, with emphasis on insecticides, has caused a great decline in the population of these pollinators in several agricultural areas. Therefore, the present study aimed to evaluate the lethal effect of the insecticide flupyradifurone on adult workers of *A. mellifera*, through three modes of exposure: direct spraying on bees, ingestion of contaminated food and contact of bees with the insecticide residues. The experiment was developed at the Laboratory Entomology of the Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) at the Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brazil. Adult workers of *A. mellifera* from hives belonging to the apiary of CCTA / UFCG were used to carry out the work. The insecticide flupyradifurone was evaluated at the minimum, intermediate and maximum doses recommended by the manufacturer. Distilled water was used for absolute control and the insecticide Tiametoxam for positive control. The lethal effect of the insecticide was evaluated through three forms of exposure: via direct spraying, via ingestion of contaminated diet and via contact of the bees with the treated surface. After application of the treatments, the mortality and behavior of the bees (prostration, tremors, paralysis) at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 hours after onset were evaluated exposure to the insecticide. The insecticide flupyradifurone, via direct spraying on *A. mellifera*, caused the mortality of 96.8%, 96.9% and 98.9% of insects in the minimum, intermediate and maximum doses recommended by the manufacturer. As for the mortality of bees in the bioassay of ingestion of contaminated diet, a low percentage of mortality was observed, with values of 7.2%, 7.3% and 8.6% for the minimum, intermediate and maximum doses, respectively. Via residual contact of the bees with the insecticide, flupyradifurone caused mortality of 68.7%, 69.5% and 71.2% in the bees for the minimum, intermediate and maximum doses, respectively. flupyradifurone was responsible for motor disorders (tremors, prostration, paralysis) in bees in all modes of exposure and doses evaluated. Regardless of the dose, flupyradifurone was highly toxic to adult workers of the *A. mellifera* bee via direct spraying and contact with product residues. flupyradifurone was not very toxic to adult workers of *A. mellifera* via the supply of a diet contaminated by the insecticide.

Key Words: Africanized Bees, Decline, Insecticide, Toxicity.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS <i>Apis mellifera</i> EM ÁREAS AGRÍCOLAS.....	3
2.2. DESAPARECIMENTO DAS ABELHAS <i>A. mellifera</i> EM ÁREAS AGRÍCOLAS .	4
2.3. TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE <i>A. mellifera</i>	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1. BIOENSAIO 1: PULVERIZAÇÃO DIRETA DO INSETICIDA SOBRE <i>A. mellifera</i>	8
3.2. BIOENSAIO 2: FORNECIMENTO DE DIETA CONTAMINADA COM O INSETICIDA A <i>A. mellifera</i>	8
3.3. BIOENSAIO 3: CONTATO DE <i>A. mellifera</i> COM SUPERFÍCIE TRATADA PELO INSETICIDA	8
3.4. ANÁLISE DOS DADOS.....	9
4. RESULTADOS.....	10
5. DISCUSSÃO	13
6. CONCLUSÕES	15
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

1. INTRODUÇÃO

Dentre as espécies de polinizadores existentes destacam-se as abelhas, pois são fundamentais para garantir a manutenção dos ecossistemas e a produção de diversos alimentos em todo o mundo (MACIEL et al., 2018; WOLOWSKI et al., 2019). A abelha *Apis mellifera* Linneaus (Hymenoptera: Apidae) é uma das mais utilizadas para a polinização de plantas cultivadas em todo o mundo devido ao fácil manejo e tamanho de suas colmeias, como também pela eficiência e rapidez nesse processo em relação aos outros polinizadores, sendo imprescindível para obtenção de frutos em diversas culturas agrícolas (PIRES et al., 2016; KLEIN et al., 2020).

Apesar da tamanha importância ecológica e econômica das abelhas, tem-se constatado nos últimos anos o desaparecimento desses agentes polinizadores em áreas agrícolas de todo o mundo. Em pesquisa visando avaliar as perdas de colônias no Brasil, Castilhos et al. (2019) encontraram resultados que demonstram que cerca de 50% das colônias são perdidas anualmente em diferentes regiões do Brasil, estimando-se que mais de um bilhão de abelhas morreram no país. Ainda segundo os autores, o uso indiscriminado de inseticidas é apontado como uma das principais causas desse declínio.

Estudos recentes apontam que o declínio das populações de abelhas *A. mellifera* tem relação direta com uma combinação de fatores e está correlacionada, ao menos em parte, à exposição delas a produtos fitossanitários, em especial aos inseticidas (GOULSON et al., 2015; FENG et al., 2017; BERNARDES et al., 2019). Em campo, a exposição das abelhas aos produtos fitossanitários pode ocorrer por meio de três formas principais: o contato direto com gotículas durante as pulverizações, caminhar sobre superfície contaminada e ingestão de alimento contaminado (DELAPLANE; MAYER, 2005).

Os inseticidas podem ocasionar efeitos letais e subletais nas abelhas, afetando as campeiras no momento do forrageamento e até mesmo toda uma colônia. Alguns inseticidas, como por exemplo, Imidacloprido, Tiametoxam, Clotianidina, Fipronil, Deltametrina, Abamectina, Novaluron e Malathion, têm sido relatados como letais as abelhas (COSTA et al., 2014; TOMÉ et al., 2015; PITTS-SINGER; BARBOUR, 2017; PADILHA et al., 2020; DA SILVA BORGES et al., 2020). Diante disso, diversas pesquisas são realizadas visando avaliar a toxicidade de inseticidas sobre abelhas para gerar informações úteis a preservação desses polinizadores.

Em relação ao inseticida Flupiradifurona, são poucas as informações na literatura sobre os efeitos sobre *A. mellifera*. Campbell et al. (2016), estudando o efeito de

Flupiradifurona sobre *A. mellifera* em condições de campo, relataram que esse inseticida não ocasionou efeitos adversos nas colônias das abelhas, quando seguidas as instruções de uso do fabricante descritas no rótulo do produto. Tosi e Nieh (2019), testando os efeitos sinérgicos e individuais de Flupiradifurona e os efeitos de sazonalidade por meio de exposição oral em operárias de *A. mellifera*, identificaram que as abelhas forrageadoras são mais sensíveis ao Flupiradifurona do que as abelhas de colmeia, sendo ambas mais afetadas pelo pesticida no verão, do que na primavera.

Contudo, apesar das contribuições expostas, ainda são escassas informações sobre o efeito letal de Flupiradifurona, nas doses registradas para o manejo de pragas no Brasil, sobre *A. mellifera*. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito letal do inseticida Flupiradifurona sobre operárias adultas de *A. mellifera*, por meio de três modos de exposição: pulverização direta sobre as abelhas, ingestão de alimento contaminado e contato das abelhas com os resíduos do inseticida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS *Apis mellifera* EM ÁREAS AGRÍCOLAS

Na agricultura, os polinizadores são um dos componentes essenciais para garantir a produção de frutos, haja vista que cerca de 75% das culturas e 80% das espécies de plantas dotadas de flores necessitam da polinização animal (KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2002; RICKETTS et al., 2008), sendo os principais agentes polinizadores as abelhas, dentre as quais destaca-se a espécie *A. mellifera* (PINHEIRO; FREITAS, 2010).

De acordo com Klein et al. (2007), a contribuição das abelhas em áreas agrícolas é amplamente estudada e debatida pela comunidade científica, que reconhece a importância desses insetos e os destaca como sendo os polinizadores primários para a maioria das culturas que necessita de polinização entomófila. Segundo Giannini et al. (2015), em estudo que objetivou avaliar a dependência das culturas agrícolas por polinizadores e o valor econômico da polinização no Brasil, concluíram que em torno de 30% das culturas apresentavam uma alta dependência por polinizadores para a produção satisfatória de frutos e sementes, apontando que a contribuição econômica dos agentes polinizadores é de aproximadamente US\$12 bilhões por ano.

Através da polinização, as abelhas *A. mellifera* prestam serviços essenciais ao agroecossistema por meio de sua atuação na produção de alimentos. Além de melhorar a subsistência e proteger a biodiversidade, trazem benefícios ao ecossistema e à sociedade (MARTINS et al., 2020). Levando em conta a diminuição da população de abelhas, em virtude de desmatamentos e outras atividades antrópicas, há uma crescente demanda pela introdução dirigida desses insetos em cultivos agrícolas (COUTO; COUTO, 2006; PAOLETTI, 2012).

Nesse sentido, Araújo et al. (2004), analisando o efeito da polinização de abelhas *A. mellifera* na produção de melão (*Cucumis melo* L.), identificaram que essas abelhas são extremamente importantes na polinização da cultura do meloeiro, pois na ausência das mesmas, ocorreu uma alta incidência de aborto em flores e frutos, concluindo que quase não houve rendimento produtivo da cultura. Calvete et al. (2010), em um estudo que objetivou comparar a produtividade e a qualidade dos frutos comerciáveis de diferentes cultivares de morangueiro produzidos em ambiente protegido, na presença e ausência de *A. mellifera*, concluíram que é de sua importância a utilização desse agente polinizador em determinadas

cultivares de morango, para que se obtenha frutos mais comercializáveis, além de uma redução do número de frutos deformados.

Contudo, para garantir os serviços de polinização contínuos relacionados aos agroecossistemas, é necessário aprender mais sobre os benefícios e serviços trazidos pela diversidade desses polinizadores, bem como os fatores que afetam o declínio e as atividades dos mesmos. Além de proteger e restaurar as áreas naturais necessárias para otimizar os serviços desses agentes na agricultura e em outros ecossistemas terrestres, a proteção e a diversidade dos polinizadores locais e naturais também devem ser promovidas (SOUZA et al., 2007).

2.2. DESAPARECIMENTO DAS ABELHAS *A. mellifera* EM ÁREAS AGRÍCOLAS

O desaparecimento das abelhas *A. mellifera* é um problema que vêm ocorrendo em grande escala e que afeta negativamente a apicultura, ecossistemas naturais e sistemas agrícolas (OLDROYD, 2007; NEUMANN; CARRECK, 2010; GILL et al., 2012; GONÇALVES, 2012). Atualmente, existe um consenso de que o declínio das espécies de abelhas e de outros polinizadores está ligada não apenas a uma única causa, mas sim, a diversos fatores que incluem não só o uso indiscriminado de pesticidas, como também o declínio de recursos ambientais que podem interferir diretamente em seus habitats, além da presença de patógenos e parasitas nas colônias (DECOURTYE et al., 2010; KLUSER et al., 2010; MAINI et al., 2010; NEUMANN; CARRECK, 2010; CASTILHOS et al., 2019).

Além desses fatores, declínios nas populações das abelhas *A. mellifera* também estão relacionados com os interesses e atividades humanas, levando em consideração o valor dos produtos e os serviços desses insetos (AIZEN; HARDER, 2009; MAINI et al., 2010; CASTILHOS et al., 2019). Esse grave decréscimo populacional é conhecido mundialmente como “Colony Collapse Disorder” (CCD) (PIRES et al., 2016). No Brasil, as perdas de colônias de abelhas *A. mellifera* são principalmente atribuídas ao uso intensivo de pesticidas em áreas agrícolas (SILVA et al., 2015; CERQUEIRA; FIGUEIREDO, 2017; CASTILHOS et al., 2019).

O declínio populacional que as abelhas estão enfrentando pode acarretar uma série de consequências para a humanidade e para a natureza, dado a importância que a mesma possui no processo de polinização, haja visto que não há nenhum substituto artificial para realizar este processo com a mesma eficiência e rapidez que as abelhas. Os resultados, a longo prazo, do declínio deste inseto, poderão ser extremamente prejudiciais à nossa alimentação, tendo

em vista que as frutas e os produtos agrícolas decrescerão rapidamente (CAIRES; BARCELOS, 2017). Assim, o desaparecimento das abelhas ameaçaria a segurança alimentar mundial (CORBY-HARRIS et al., 2016).

2.3. TOXICIDADE DE INSETICIDAS SOBRE *A. mellifera*

A mortalidade e o desaparecimento das abelhas vêm ocorrendo com frequência em diversas regiões do mundo. No Brasil, uma das causas desse declínio é o uso abusivo dos agrotóxicos nas áreas cultivadas (CERQUEIRA; FIGUEIREDO, 2017; CASTILHOS et al., 2019). 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.

Entretanto, a descoberta e o desenvolvimento de novos tipos de pesticidas químicos é um fator extremamente importante para manter as principais pragas de invertebrados em limites inferiores ao de dano econômico, de forma a garantir uma produção segura das commodities, fornecendo assim, alimentos acessíveis para a crescente população mundial (GODFRAY et al., 2010; NAUEN et al., 2015).

Diversos inseticidas têm sido relacionados a uma elevada taxa de mortalidade das abelhas (RIÑANO-JIMENEZ; CURE, 2016; MARTIN-CULMA; ARENAS-SUAREZ, 2018). Em decorrência disso, trabalhos vêm sendo realizados com o intuito de avaliar a toxicidade de diferentes inseticidas sobre esses agentes polinizadores. Rossi et al. (2013) avaliando os efeitos das doses subletais do Imidacloprido por meio de exposição crônica, observaram efeitos citotóxicos no cérebro das abelhas *A. mellifera*, e que os lóbulos ópticos são os mais sensíveis a essa substância.

Tosi et al. (2017), estudando se o inseticida Tiametoxam prejudica a capacidade de voo das abelhas *A. mellifera*, avaliaram diferentes doses crônicas e uma única dose aguda mediante exposição oral, e constataram que a exposição aguda ou crônica a Tiametoxam pode alterar significativamente o voo das abelhas.

Costa et al. (2014), também avaliando os efeitos toxicológicos de inseticidas em *A. mellifera*, identificaram por meio do fornecimento de dieta contaminada, que os inseticidas Tiametoxam, Abamectina, e Clorfenapir destacaram-se como extremamente tóxicos via ingestão, dentre os nove produtos testados em sua pesquisa.

Embora já existam diversas contribuições científicas a respeito da toxicidade de pesticidas sobre as abelhas, a escassez de informações com relação aos efeitos de produtos

fitossanitários recentemente registrados sobre abelhas *A. mellifera* ainda é uma das principais barreiras para que se tenha o manejo sustentável entre o uso de defensivos químicos e preservação desses agentes polinizadores em áreas agrícolas (PINHEIRO; FREITAS, 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia (sala climatizada a 25 ± 2 °C, $60 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 h) da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias (UAGRA), pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal, Paraíba, Brasil.

Para execução do trabalho foram utilizadas operárias adultas da abelha africanizada *A. mellifera*, provenientes de três colmeias instaladas em caixas de madeira do tipo Langstroth, pertencentes ao apiário da UAGRA/CCTA/UFCG.

O inseticida avaliado foi o Flupiradifurona (Sivanto Prime[®] 200 SL), pertencente ao grupo químico das butenolidas e recomendado pelo fabricante para várias culturas de importância agrícola no Brasil, como por exemplo, café (*Coffea arabica* L.), melão (*C. melo* L.), laranja [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] e maracujá (*Passiflora edulis* Sims). O referido inseticida foi avaliado nas dosagens mínima, intermediária e máxima. Além disso, como testemunha positiva foi utilizado o inseticida Tiametoxam (Actara[®] 250 WG), pertencente ao grupo químico dos neonicotinóides, na sua dosagem máxima recomendada pelo fabricante (Tabela 1).

Tabela 1. Inseticidas e respectivas dosagens avaliados com relação ao efeito letal sobre abelhas africanizadas *Apis mellifera*, expostas à pulverização direta, ingestão de dieta contaminada e resíduos de inseticidas, Pombal – PB, 2021.

INGREDIENTE ATIVO	GRUPO QUÍMICO	MODO DE AÇÃO	DOSE (g i. a. L ⁻¹)	PRAGAS ALVO
Tiametoxam	Neonicotinóide	Moduladores competitivos de receptores nicotínicos da acetilcolina	0,3	<i>Bemisia tabaci</i> raça B <i>Aphis gossypii</i>

Flupiradifurona	Butenolida	Moduladores competitivos de receptores nicotínicos da acetilcolina	0,1	<i>Bemisia tabaci</i> biótipo B
Flupiradifurona	Butenolida	Moduladores competitivos de receptores nicotínicos da acetilcolina	0,15	<i>Bemisia tabaci</i> biótipo B
Flupiradifurona	Butenolida	Moduladores competitivos de receptores nicotínicos da acetilcolina	0,2	<i>Bemisia tabaci</i> biótipo B

O efeito letal do inseticida Flupiradifurona sobre *A. mellifera* foi avaliado por meio de três bioensaios distintos, correspondentes a três formas de exposição das abelhas ao produto, sendo estas: a pulverização direta sobre as abelhas, o fornecimento de dieta contaminada pelo inseticida (oral) e contato das abelhas com os resíduos do inseticida em superfície recém pulverizada, seguindo a metodologia utilizada por Costa et al. (2014).

Para os três tipos de bioensaios, recipientes plásticos (15cm de diâmetro X 15cm de altura) foram utilizados como arenas para confinamento das abelhas. As arenas apresentavam a extremidade superior parcialmente coberta com tecido fino e as laterais com aberturas de cerca de 0,1 cm para possibilitar a adequada circulação de ar no ambiente. Em cada arena foi adicionado no seu interior, pasta Cândi (dieta artificial de açúcar refinado + mel) em recipiente plástico de 28 mm de diâmetro e um chumaço de algodão embebido em água destilada, o qual foi renovado a cada hora de avaliação.

Para facilitar o manuseio durante a realização dos bioensaios, as abelhas foram previamente anestesiadas por meio do uso de frio ($\pm 4^{\circ}\text{C}$ durante aproximadamente 90 segundos). Os três bioensaios foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, composto por 5 tratamentos (1 – Testemunha absoluta – água destilada; 2 – Testemunha positiva – Tiametoxam; 3 – Flupiradifurona dose mínima; 4 – Flupiradifurona dose

intermediária; 5 – Flupiradifurona dose máxima) e 10 repetições, sendo distribuídas 10 abelhas adultas de *A. mellifera* em cada unidade experimental. Os três bioensaios foram repetidos para aumentar a confiabilidade das informações.

Após a aplicação dos tratamentos, foram avaliados a mortalidade e comportamento das abelhas a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 horas após o início da exposição aos inseticidas, sendo o comportamento (prostração, tremores, paralisia) monitorado e registrado a partir dos primeiros 60 minutos após a aplicação dos inseticidas até o final do período de avaliação. As abelhas que não respondiam a estímulos mecânicos (toques no corpo) a cada período de avaliação foram registradas como mortas.

3.1. BIOENSAIO 1: PULVERIZAÇÃO DIRETA DO INSETICIDA SOBRE *A. mellifera*

Após a distribuição das abelhas nas arenas, foi realizada a pulverização direta dos inseticidas sobre as mesmas, com o auxílio de um pulverizador manual, simulando uma situação de campo. Em seguida, foram avaliados os efeitos do inseticida sobre as abelhas pelo período de 24 horas.

3.2. BIOENSAIO 2: FORNECIMENTO DE DIETA CONTAMINADA COM O INSETICIDA A *A. mellifera*

Inicialmente foi preparada a dieta artificial (pasta cãndi), a base de mel e açúcar refinado. Em seguida, o inseticida foi pulverizado sobre a dieta artificial utilizando um pulverizador manual, simulando o que ocorre no campo. Com as abelhas distribuídas nas arenas, o alimento contaminado pelo inseticida foi inserido no interior das mesmas, juntamente com o algodão embebido em água destilada. Feito isso, os insetos ficaram sob observação constante até que se obteve a confirmação da ingestão do alimento, sendo posteriormente avaliados e registrados o comportamento e a mortalidade durante os horários de avaliação.

3.3. BIOENSAIO 3: CONTATO DE *A. mellifera* COM SUPERFÍCIE TRATADA PELO INSETICIDA

Para esse modo de exposição, inicialmente as arenas foram pulverizadas com cada um dos tratamentos, utilizando-se um pulverizador manual, de modo que as gotas cobrissem uniformemente toda a superfície interna das arenas. Posteriormente, as arenas permaneceram durante 15 minutos sobre a bancada do laboratório para a devida secagem dos produtos

pulverizados. Após a secagem, foram colocados no interior das arenas o chumaço de algodão embebido com água destilada e a dieta artificial (pasta cãndi). Só então foram liberadas as abelhas nas arenas.

3.4. ANÁLISE DOS DADOS

As médias de mortalidade foram corrigidas pela fórmula de Abbott (1925), sendo em seguida aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (1952) ao nível de 5% de significância. As observações do comportamento foram organizadas em gráficos utilizando o Microsoft Excel.

4. RESULTADOS

As doses avaliadas de Flupiradifurona diferiram estatisticamente das testemunhas positiva e absoluta em todos os modos de exposição. Não foi observada diferença significativa para mortalidade das operárias adultas de *A. mellifera*, independentemente da dose, quando expostas a Flupiradifurona, pelo teste não paramétrico de Kruskal – Wallis a 5% de significância como está descrito na Tabela 2.

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

Tratamentos	Dose (g i.a. L ⁻¹)	(%) Mortalidade - pulverização direta*	(%) Mortalidade - dieta contaminada*	(%) Mortalidade – residual*
Testemunha absoluta (água destilada)	-	0,0c	0,0c	0,0c
Testemunha positiva (Tiametoxam)	0,30	100a	90,5±2,7a	100a
Flupiradifurona	0,1	96,8±1,4b	7,2±2,1b	68,7±3,9b
Flupiradifurona	0,15	96,9±2,1b	7,3±3,4b	69,5±4,8b
Flupiradifurona	0,2	98,9±0,7b	8,6±2,2b	71,2±5,9b

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

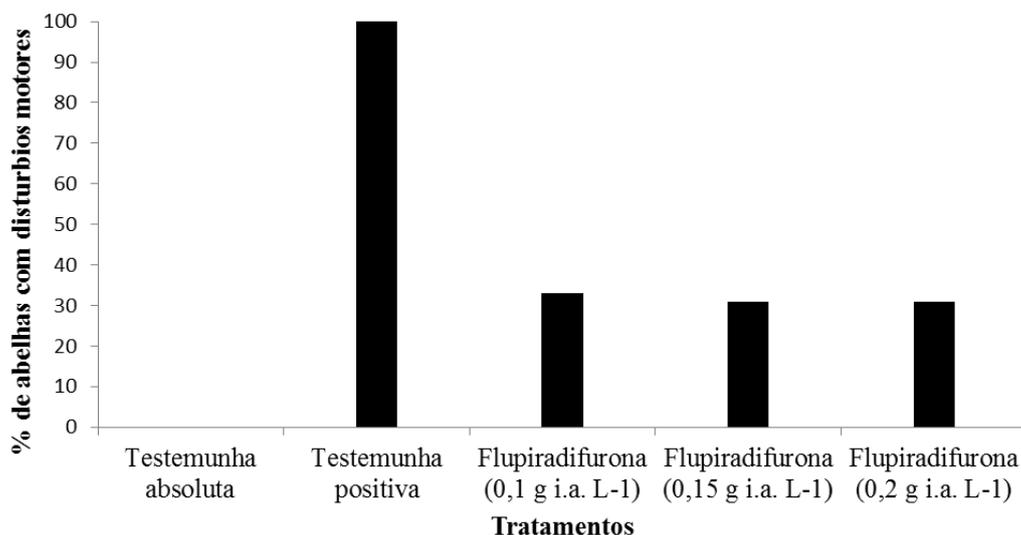
Nota-se que o inseticida Flupiradifurona, via pulverização direta sobre *A. mellifera*, ocasionou a mortalidade de 96,8%, 96,9% e 98,9% dos insetos nas doses mínima, intermediária e máxima recomendadas pelo fabricante, respectivamente, proporcionando taxas de mortalidade próximas à testemunha positiva, o inseticida Tiametoxam, que ocasionou a morte de 100% dos insetos ao final do período de avaliação (Tabela 2).

Quanto à mortalidade das abelhas no bioensaio de ingestão de dieta contaminada, também não foi observada diferença estatística entre as doses do Flupiradifurona, ressaltando-se o baixo percentual de mortalidade neste modo de exposição, com valores de 7,2% 7,3% e 8,6 % para as doses mínima, intermediária e máxima respectivamente, enquanto que na testemunha positiva o percentual foi de 90,5% (Tabela 2).

Para a mortalidade após o contato das abelhas com os resíduos dos inseticidas, também não se observou diferença significativa entre as doses do Flupiradifurona. Os percentuais observados foram 68,7% para a dose mínima, 69,5% para a intermediária e 71,2% para a dose máxima recomendada pelo fabricante para o inseticida Flupiradifurona, enquanto a testemunha positiva apresentou um percentual de 100% de mortalidade (Tabela 2).

Com relação ao comportamento das abelhas após a exposição aos inseticidas via pulverização direta (Figura 1), compreende-se que o inseticida Flupiradifurona foi responsável por distúrbios motores como tremores, prostração e paralisia antes da morte, em média de 30% a 35% das abelhas, apresentando percentual inferior quando comparado ao inseticida Tiametoxam (testemunha positiva) que apresentou um percentual de 100% das abelhas com distúrbios motores.

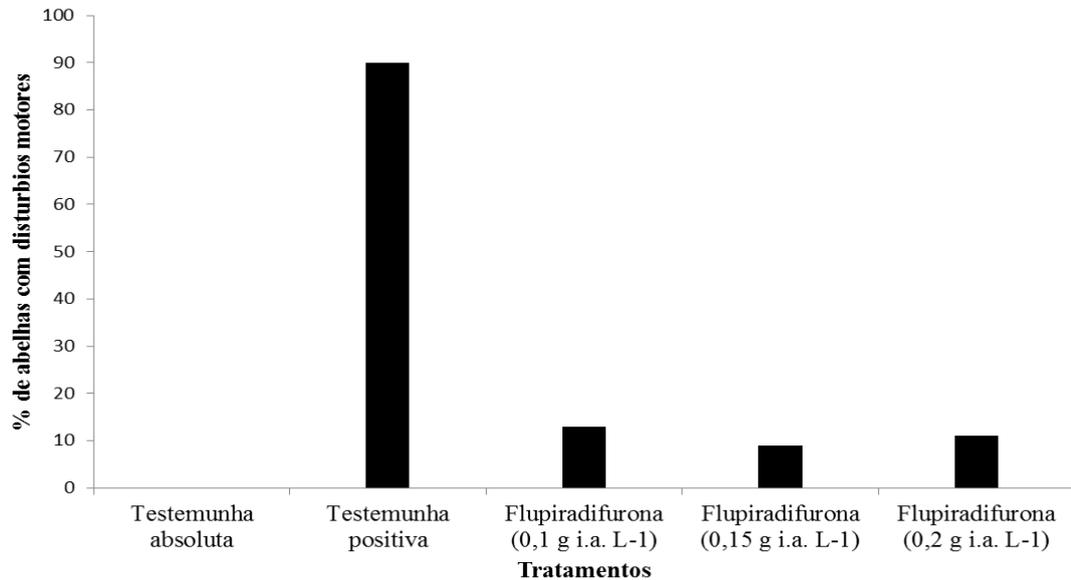
Figura 1. Percentual de abelhas africanizadas *Apis mellifera* que apresentaram distúrbios motores após exposição aos inseticidas via pulverização direta, Pombal – PB, 2021.



Quando se analisa o comportamento dos insetos após a ingestão de dieta contaminada, o inseticida Flupiradifurona apresentou um efeito repelente sobre as abelhas, sendo observado que as mesmas não se alimentavam como nos outros tratamentos (testemunha absoluta e testemunha positiva). Flupiradifurona provocou distúrbios motores (tremores, prostração e paralisia), antes da morte, na média de 10% a 15% das abelhas, percentual inferior ao da

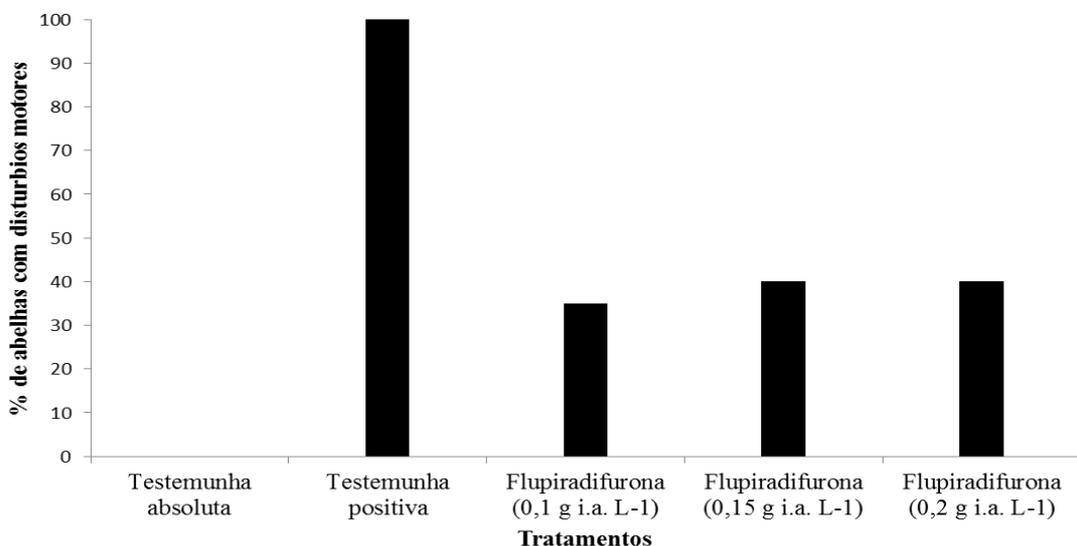
testemunha positiva (Tiametoxam), o qual apresentou um percentual de 90,5% das abelhas com distúrbios motores, conforme se ver na Figura 2.

Figura 2. Percentual de abelhas africanizadas *Apis mellifera* que apresentaram distúrbios motores após exposição aos inseticidas via ingestão de dieta contaminada, Pombal – PB, 2021.



A Figura 3 apresenta dados relacionados ao comportamento após o contato com resíduos dos inseticidas, e pode-se notar que Flupiradifurona também provocou distúrbios motores (tremores, prostração e paralisia) antes da morte, na média de 38% a 40% das abelhas, sendo inferior ao inseticida Tiametoxam que apresentou um percentual de 100% das abelhas com distúrbios motores.

Figura 3. Percentual de abelhas africanizadas *Apis mellifera* que apresentaram distúrbios motores após exposição aos inseticidas via contato residual, Pombal – PB, 2021.



5. DISCUSSÃO

Os resultados evidenciaram que a diferença entre os valores percentuais de Flupiradifurona em todos os modos de exposição é proporcional ao aumento da dose utilizada. Independentemente da dose, a exposição das abelhas *A. mellifera* ao inseticida Flupiradifurona foi menos nociva quando comparado à testemunha positiva, o inseticida Tiametoxam, o qual apresentou extrema mortalidade em todos os modos de exposição. Isso pode ser explicado pelo fato de a Flupiradifurona possuir uma relação estrutura-atividade distinta dos neonicotinóides devido a um lado de ação diferente, mesmo atuando como um agonista nos receptores nicotínicos de acetilcolina (AChR) de insetos, semelhante aos neonicotinóides, como explica Jeschke et al. (2015).

Entretanto, salienta-se que para os modos de exposição direta e residual, foi constatada uma alta mortalidade das abelhas expostas a Flupiradifurona. Somente para o modo de exposição oral foi verificado um baixo percentual de letalidade. É importante destacar que as abelhas expostas à dieta contaminada com Flupiradifurona procuraram e consumiram menos a dieta artificial do que as abelhas das testemunhas positiva e absoluta, fato que provavelmente explica a baixa mortalidade observada para esse modo de exposição. Possivelmente, o Flupiradifurona exerceu um forte efeito repelente sobre *A. mellifera*.

As informações sobre os efeitos de Flupiradifurona sobre as abelhas são escassas, havendo poucos trabalhos sobre o tema. Tan et al. (2017), avaliando se inseticida Flupiradifurona prejudica o aprendizado olfativo da abelha melífera asiática (*Apis cerana* Fabricius), afirmaram que ambas as doses avaliadas reduziram o desempenho olfativo e a sobrevivência das abelhas na média de 35% na fase larval e 20% a 50% na fase adulta.

O uso do inseticida Flupiradifurona já foi relatado como inofensivo para as abelhas, conforme pesquisa realizada por Hesselbach e Scheiner (2019) em seu estudo sobre o desempenho cognitivo das abelhas forrageadoras em decorrência da aplicação desse inseticida, verificaram redução no sabor e desempenho de aprendizagem apetitiva em abelhas em busca de pólen e néctar, apenas quando utilizada a concentração mais elevada. Entretanto, considerando o uso adequado de Flupiradifurona conforme instruções dos fabricantes, as abelhas não serão expostas a essas altas concentrações, sendo portanto, o seu uso considerado seguro para as abelhas.

Com relação aos distúrbios motores observados nas abelhas expostas as diferentes doses do Flupiradifurona, foi notório que as doses mais elevadas e os modos de exposição direta e residual foram os que proporcionaram maiores percentuais de abelhas com paralisia e

prostração. Comportamentos similares foram encontrados por Tosi e Nieh (2019), ao estudarem os efeitos sinérgicos letais e subletais de Flupiradifurona sobre abelhas *A. mellifera* em diferentes estações do ano, observando que os pesticidas aumentaram a mortalidade e ocasionaram comportamentos anormais nas abelhas como, déficits de coordenação motora, hiperatividade, apatia, abdômen curvado para baixo, além de se apresentarem mais tóxicos para abelhas campeiras, durante o forrageamento, no verão, do que para as abelhas da colmeia.

Os distúrbios motores observados para Flupiradifurona e para a testemunha positiva são típicos da intoxicação por inseticidas que agem no sistema nervoso e muscular dos insetos, ligando-se ao receptor nicotínico da acetilcolina (AChR) (IRAC, 2021). A acetilcolina se trata de um neurotransmissor de excitação dos insetos, que se liga aos receptores nicotínicos na célula pós-sináptica, célula essa, que se assemelha estruturalmente a acetilcolina. Ao se ligar aos receptores nicotínicos, essas moléculas químicas imitam a ação da acetilcolina, estimulando repetidamente as células nervosas e causando uma hiperexcitação nos insetos, a qual, a enzima responsável por degradar as moléculas de acetilcolina (acetilcolinesterase) e interromper os sinais nervosos excessivos não consegue atuar, inicialmente causando prostração, tremores, paralisia, e posterior morte dos insetos (POZEBON; ARNEMANN, 2021).

Esses são os primeiros resultados com as doses mínima, intermediária e máxima do inseticida Flupiradifurona registradas para o manejo de pragas no Brasil, em diferentes modos de exposição, sobre a abelha *A. mellifera*. Os resultados obtidos irão subsidiar novas pesquisas e contribuir para o avanço do manejo sustentável de polinizadores em áreas agrícolas, auxiliando nos esforços globais voltados a preservação de abelhas na agricultura.

6. CONCLUSÕES

- Independentemente da dose, Flupiradifurona foi altamente tóxico para operárias adultas da abelha *A. mellifera* via pulverização direta e contato com resíduos do produto.
- Flupiradifurona foi pouco tóxico para operárias adultas de *A. mellifera* via fornecimento de dieta contaminada pelo inseticida.

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.

AIZEN, M.A.; HARDER, L.D. The global stock of domesticated honeybees is growing slower than agricultural demand for pollination. **Journal Current Biology**, v. 19 n. 11, p. 915–918, 2009.

ARAÚJO, M. T. S.; 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 Ciências da Terra**, v. 4, n. 1, p. 0, 2004.

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.

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.

CAIRES, S. C.; BARCELOS, D. Colapso das abelhas: Possíveis causas e consequências do seu desaparecimento na natureza. **ACTA Apícola Brasilica**, v. 5, n. 1, p. 11-15, 2017.

CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; TESSARO, F.; CECCHETT, D.; NIENOW, A. A.; LOSS, J. T. Polinização de morangueiro por *Apis mellifera* em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 181-188, 2010.

CAMPBELL, J. W.; CABRERA, A. R.; STANLEY-STAHN, C.; ELLIS, J. D. An evaluation of the honey bee (Hymenoptera: Apidae) safety profile of a new systemic insecticide, flupyradifurone, under field conditions in Florida. **Journal of economic entomology**, v. 109, n. 5, p. 1967-1972, 2016.

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

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.

CORBY-HARRIS, V.; SNYDER, L.; MEADOR, C. A. D.; NALDO, R.; MOTT, B.; ANDERSON, K. E. *Parasaccharibacter apium*, gen. nov., sp. nov., improves honey bee (Hymenoptera: Apidae) resistance to Nosema. **Journal of economic entomology**, v. 109, n. 2, p. 537-543, 2016.

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

COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. Apicultura: manejo e produtos. **Funep**, Jaboticabal -SP, ed. 3, p. 193, 2006.

DA SILVA BORGES, M. P.; DA SILVA BROCHADO, M. G.; MENDES, K. F. Impactos negativos dos pesticidas nas comunidades de abelhas. **Resultados Econômicos e de Sustentabilidade nos Sistemas nas Ciências Agrárias**. 3. ed. Atena, Ponta Grossa, Paraná, p. 1-388–416, 2020.

DECOURTYE, A.; MADER, E.; DESNEUX, N. Landscape enhancement of floral resources for honeybees in agroecosystems. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 264–27, 2010.

DELAPLANE, K.S.; MAYER, D.F. **Crop pollination by bees**. Oxon: CABI Publishing, 344 p, 2005.

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.

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

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

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

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, n. 3, p 849-857, 2015.

GILL, R. J.; RAMOS-RODRIGUES, 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.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J. F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S. M.; TOULMIN, C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **science**, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.

GONÇALVES, L. S. O Desaparecimento das abelhas, suas causas, consequências e o risco dos Neonicotinóides para o Agronegócio. **Mensagem Doce**, n. 117, p. 2-12. 2012. Disponível em: <<http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/117/artigo1.htm>>. Acesso em: 08 dez. 2019.

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.

HESSELBACH, H.; SCHEINER, R. The novel pesticide flupyradifurone (Sivanto) affects honeybee motor abilities. **Ecotoxicology**, v. 28, n. 3, p. 354-366, 2019.

IRAC. **Comitê de Ação à Resistência a inseticidas**. Disponível em: <https://www.irac-br.org/>. Acesso em: 3 mai 2021.

JESCHKE, P.; NAUEN, R.; GUTBROD, O.; BECK, M. E.; MATTHIESEN, S.; HAAS, M.; VELTEN, R. Flupyradifurone (Sivanto™) and its novel butenolide pharmacophore: Structural considerations. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 121, p. 31-38, 2015.

KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature**. Brasília: Ministry of Environment, 2002.

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

KLEIN, A. M.; FREITAS, B. M.; BOMFIM, G. A.; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; OLIVEIRA, M. O. A. **Polinização Agrícola por Insetos no Brasil**. Maranguape, Unifreiburg. 2020.

KLUSER, S.; NEUMANN, P.; CHAUZAT, M. P.; PETTIS, J.S. **Global honeybee colony disorder and other threats to insect pollinators**, 2010. Disponível em: <<http://www.unep.org/archive-ouverte.uni.ge.ch/unige:32251>>. Acesso em: 20 Jan 2021.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**, v. 47, p. 583-621, 1952.

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.

MACIEL, F. A. O.; BRAGA, A. R.; SILVA, T. L. C.; FREITAS, B. M.; GOMES, D. G. Reconhecimento de padrões sazonais em colônias de abelhas *Apis mellifera* via clusterização. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 10, n. 3, p. 74-88, 2018.

MAINI, S.; MEDRZYCKI, P.; PORRINI, C. The puzzle of honeybee losses: a brief review. **Bull. Insectol**, v. 63, n. 1, p. 153-160, 2010.

MARTIN-CULMA, N. Y.; ARENAS-SUAREZ, N. E. Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. **Entramado**, v. 14, n. 1, p. 232-240, 2018.

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-Itainópolis-PI. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 1-5, 2020.

NAUEN, R.; JESCHKE, P.; VELTEN, R.; BECK, M. E.; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; THIELERT, W.; WÖLFEL, K.; HAAS, M.; KUNZ, K.; RAUPACH, G. Flupyradifurone: a

brief profile of a new butenolide insecticide. **Pest management science**, v. 71, n. 6, p. 850-862, 2015.

NEUMANN, P.; CARRECK, N. L. Honeybee colony losses. **Journal of Apicultural Research**, v. 49, n. 1, p. 1–6, 2010.

OLDROYD, B. P. What's killing American honey bees? **PLoS Biol**, v. 5, n. 6, p. e168, 2007.

OLIVEIRA, M. O. Declínio populacional das abelhas polinizadoras de culturas agrícolas. **ACTA Apicola Brasilica**, v. 3, n. 2, p. 01-06, 2015.

PADILHA, A. C.; PIOVESAN, B.; MORAIS, M. C.; PAZINI, J. B.; ZOTTI, M. J.; BOTTON, M.; GRÜTZMACHER, A. D. Toxicity of insecticides on Neotropical stingless bees *Plebeia emerina* (Friese) and *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz) (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Ecotoxicology**, v. 29, n. 1, p. 119-128, 2020.

PAOLETTI, M. G. **Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes: Practical use of invertebrates to assess sustainable land use**. Elsevier, 2012.

PINHEIRO, J.; 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.

PITTS-SINGER, T. L.; BARBOUR, J. D. Effects of residual novaluron on reproduction in alfalfa leafcutting bees, *Megachile rotundata* F. (Megachilidae). **Pest Management Science**, v. 73, n. 1, p. 153-159, 2017.

POZEBON, H.; ARNEMANN, J. A. Como funcionam os inseticidas neonicotinóides e espinosinas? Portal Mais Soja. 2021. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/como-funcionam-os-inseticidas-neonicotinoides-e-espinosinas>>. Acesso em: 17 abril 2021.

RIAÑO-JIMENEZ, D.; CURE, J. R. Efeito letal agudo dos inseticidas em formulação comercial imidacloprida, espinosade e hidrogenoxalato de tiociclâm em operárias de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Tropical Biology**, vol. 64 n. 4, p. 1737-1745, 2016.

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

RICKETTS, T. H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S. S.; KLEIN, A. M.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIN, L. A.; OCHIENG, A.; VIANA, B. F. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?. **Ecology letters**, v. 11, n. 5, p. 499-515, 2008.

ROSSI, C. A.; ROAT, T. C.; TAVARES D. A.; CINTRA-SOCOLOWSKI 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, p. 552-558, 2013.

SILVA, I. P.; OLIVEIRA, F. A. Z.; 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.

SOUZA, D. L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; DE CALDAS PINTO, M. S. As abelhas como agentes polinizadores. **REDVET. Revista electrónica de Veterinária**, v. 8, n. 3, p. 1-7, 2007.

TAN, K.; WANG, C.; DONG, S.; LI, X.; NIEH, J. C. The pesticide flupyradifurone impairs olfactory learning in Asian honey bees (*Apis cerana*) exposed as larvae or as adults. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2017.

TOMÉ, H. V. V.; BARBOSA, W. F.; MARTINS, G. F.; GUEDES, R. N. C. Spinosad in the native stingless bee *Melipona quadrifasciata*: regrettable non-target toxicity of a bioinsecticide. **Chemosphere**, v. 124, p. 103-109, 2015.

TOSI, S.; BURGIO, G.; NIEH, J. C. A common neonicotinoid pesticide, thiamethoxam, impairs honey bee flight ability. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2017.

TOSI, S.; NIEH, J. C. Lethal and sublethal synergistic effects of a new systemic pesticide, flupyradifurone (Sivanto®), on honeybees. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 286, n. 1900, p. 20190433, 2019.

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. Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. **Editora Cubo, São Carlos**, v. 1, p. 184, 2019.