

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CENTRO DE ENERGIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CECA
CURSO DE ZOOTECNIA

MICHELANGELO MATHEUS DA SILVA REGO

TOXICIDADE DE AGROTÓXICOS EM ABELHAS AFRICANIZADAS

RIO LARGO – AL

2022

MICHELANGELO MATHEUS DA SILVA REGO

TOXICIDADE DE AGROTÓXICOS EM ABELHAS AFRICANIZADAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Zootecnia do Centro de Energias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Roger Nicolas Beelen

RIO LARGO – AL

2022

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

R343t Rego, Michelangelo Matheus da Silva
Toxicidade de agrotóxicos em abelhas africanizadas. / Michelangelo
Matheus da Silva Rego – 2022.
46 f.; il.

Monografia de Graduação em Zootecnia (Trabalho de Conclusão de
Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e
Ciências Agrárias. Rio Largo, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Roger Nicolas Beelen

Inclui bibliografia

1. Polinização. 2. Agrotóxicos. 3. Sustentabilidade ambiental.
I. Título.

CDU 638.1

MICHELANGELO MATHEUS DA SILVA REGO

TOXICIDADE DE AGROTÓXICOS EM ABELHAS AFRICANIZADAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia, e aprovado em 28 de fevereiro de 2022.

gov.br

Documento assinado digitalmente
ROGER NICOLAS BEELEN
Data: 02/03/2022 10:27:57-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr Roger Nicolas Beelen – Orientador

Universidade Federal de Alagoas

Erica Gomes de Lima

Dra. Erica Gomes de Lima

Membro titular da banca

gov.br

Documento assinado digitalmente
PATRICIA MENDES GUIMARAES
Data: 02/03/2022 11:08:47-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Patrícia Mendes Guimarães

Universidade Federal de Alagoas

RESUMO

Avaliou-se a toxicidade de três agrotóxicos, sendo dois sintéticos (Imidacloprida e Fipronil) e um biopesticida (formulação micro encapsulada obtida das sementes de *Annona muricata*) em abelhas africanizadas. Utilizou-se abelhas recém-emergidas de favos de colônias experimentais, confinadas em gaiolas de madeira (12,5 x 15 x 10 cm) com uma frente de vidro, mantidas em uma estufa a 35°C e 40% de umidade relativa. Foram utilizadas quatro gaiolas, uma por tratamento (Imidacloprida, Fipronil, Biopesticida e o Grupo Controle), e três repetições de 30 abelhas, totalizando 90 abelhas por tratamento. Os agrotóxicos foram fornecidos por meio de uma dieta a base de mel por um período de 30 minutos. Não houve mortalidade no grupo controle. Todos os agrotóxicos causaram mortalidade durante o experimento. Os agrotóxicos sintéticos causaram praticamente 100% de mortalidade 48 horas após a administração. O Imidacloprida foi o mais nocivo, apresentando taxa de mortalidade de 64,4% já aos 30 minutos de exposição. Os agrotóxicos sistêmicos Evidence 700WG (Bayer) e Fipronil 800WG (Nortox) demonstraram ser extremamente nocivos às abelhas *Apis mellifera* africanizadas. O neonicotinóide Imidacloprida (Evidence) foi o agrotóxico mais agressivo, causando efeitos imediatos sobre as abelhas após sua administração. O intenso comportamento de “grooming” e o compartilhamento do alimento contaminado pode agir aumentando a disseminação do agrotóxico e gerando efeitos mais generalizados sobre as abelhas. A formulação microencapsulada obtida das sementes da graviola *Annona muricata* (Biopesticida), demonstrou ser uma opção menos agressiva do que os agrotóxicos convencionais na proteção de polinizadores, em específico a abelha africanizada.

Palavras-Chave: Polinização, conservação, sustentabilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Recipiente telado contendo o favo com crias fechadas sendo incubado para obtenção das abelhas experimentais.....	25
Figura 2. Gaiolas experimentais prontas para receber as abelhas recém emergidas	26
Figura 3. Recipientes contendo as bolas de algodão embebidas nas soluções dos respectivos tratamentos.....	28
Figura 4. Taxa de mortalidade média de abelhas 48h após exposição por 30 min a diferentes tipos de agrotóxicos.....	29
Figura 5. Curva de mortalidade das abelhas durante e após exposição aos agrotóxicos por 30 minutos.	30
Figura 6. Taxa de mortalidade média das abelhas após 30 min exposição a diferentes tipos de agrotóxicos.....	31
Figura 7. Abelhas contaminando-se por contato e ingestão.....	32
Figura 8. Abelhas mortas durante o experimento.....	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVO	11
2.1	Objetivo geral.....	11
2.2	Objetivo específico.....	11
3	REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1	Polinizadores	12
3.2	Polinizadores na agricultura	13
3.3	Agrotóxicos.....	15
3.4	Agrotóxicos e as abelhas.....	16
3.5	Imidacloprida.....	19
3.6	Fipronil	21
3.7	Biopesticida	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1	Local do experimento	25
4.2	Abelhas experimentais	25
4.3	Tratamentos	26
4.4	Análise estatística	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6	CONCLUSÃO	34
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas têm uma dependência fundamental dos polinizadores, pois eles são responsáveis por diversos serviços de manutenção ambiental e da composição florística. Sem a ação dos polinizadores muitas plantas não iriam proliferar, nem produzir sementes, e as populações dependentes delas iriam descender (BIESMEIJER et al., 2006; POTTS et al., 2010).

As abelhas são responsáveis por aproximadamente 70% da polinização das plantas. Então podemos afirmar que, muitos alimentos que consumimos hoje, são provenientes do seu ilustre trabalho de polinização (SILVA, 2005). Isso foi demonstrado economicamente por Gallai et al. (2009), o autor calculou que cerca de 153 bilhões de euros, é o valor econômico anual total da polinização que representa 9,5% do valor da produção agrícola mundial usada na alimentação humana em 2005.

O aumento populacional desenfreado das últimas décadas, fez com que o consumo e a produção de alimentos aumentassem. Com isso, novas tecnologias foram desenvolvidas nos setores da produção. Para se evitar perdas nas plantações por insetos, pragas e doenças, foram disponibilizadas aos agricultores agentes químicos, alterando assim o processo tradicional de produção (RIBAS e MATSUMURA, 2009; OLIVEIRA et al., 2013).

Quando um agente químico é utilizado nas culturas agrícolas, ele não afeta apenas um único alvo. A utilização de inseticidas, por exemplo, acaba desencadeando um desequilíbrio nas comunidades vegetais como também contaminando água, solo e fauna (MARGNI et al., 2002; GODFRAY et al., 2014; GREENPEACE, 2017).

O uso inadequado e indiscriminado de agrotóxicos comerciais como os inseticidas neonicotinóides e fenilpirazoles tem contribuído para o desaparecimento das abelhas melíferas, assim como de diversos tipos de outras abelhas (GILL, 2012). Mesmo utilizando os neonicotinóides em pequenas doses, eles podem causar desordem no aprendizado e na memória das abelhas, dificultando a capacidade navegacional delas e o retorno para a colônia (HENRY, 2012).

Apesar dos agrotóxicos sintéticos serem há décadas a forma dominante de controle de pragas nas lavouras, novos componentes como os agrotóxicos biológicos vem ganhando espaço como uma alternativa mais sustentável, sobretudo, em cultivos orgânicos. Os agrotóxicos biológicos são considerados uma das alternativas aos

agrotóxicos sintéticos especialmente na redução dos efeitos deletérios sobre organismos benéficos como as abelhas e polinizadores em geral (BERNARDES et al., 2018).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a toxicidade de dois agrotóxicos sintéticos largamente utilizados no Brasil (Imidacloprida e Fipronil) e um biopesticida produzido a partir de sementes de graviola (*Annona muricata*) em abelhas africanizadas em confinamento.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar a toxicidade de dois agrotóxicos sintéticos largamente utilizados na agricultura nacional (Imidacloprida e Fipronil) e um Biopesticida produzido a partir de sementes de graviola (*Annona muricata*) em abelhas africanizadas em confinamento.

2.2 Objetivo específico

Realizar ampla revisão de literatura sobre o histórico do emprego e efeitos dos agrotóxicos no Brasil e no mundo;

Avaliar a taxa de sobrevivência de abelhas africanizadas expostas aos diferentes agrotóxicos;

Avaliar as alterações comportamentais das abelhas expostas aos agrotóxicos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Polinizadores

Nem todo visitante floral realiza o trabalho de polinização. Para ser um polinizador efetivo é necessário cumprir alguns requisitos, como: contato com a antera e o estigma, frequência de visitas suficiente, fidelidade floral e a realização de uma rota adequada de visitação (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2016).

Desde o século passado os estudos sobre a ação dos polinizadores são conhecidos e considerados de grande importância para o desenvolvimento ambiental. De acordo com Ollerton et al. (2011), avaliou-se por meio de dados da literatura e afirmou que 87,5% das plantas com flores conhecidas dependem, em algum momento dos agentes polinizadores.

A polinização ocorre quando há transferência das células reprodutivas masculinas (grãos de pólen) para o estigma da planta, que é o receptor feminino. Esse processo é fundamental para que os grãos de pólen germinem no estigma da flor, fecundando os óvulos e dando origem as sementes, assim é possível assegurar descendentes daquela espécie vegetal (FREITAS, 1995).

No momento em que são mencionados os polinizadores, os principais retratados são os insetos, porém até mamíferos podem ser efetivos nesse trabalho como é o caso de algumas espécies de morcegos. Esse comportamento alimentar é conhecido desde o final do século XVIII (MOSLEY, 1879). No entanto esses animais só foram reconhecidos como polinizadores efetivos através de trabalhos feitos no século XIX por Van der Pijl (1936).

Como as plantas não podem se deslocar para buscar parceiros sexuais, eles usam intermediários para a polinização. Sabendo dessa dependência, estima-se que aproximadamente 73% das espécies vegetais são polinizadas pelas abelhas; 19% por moscas; 6,5% por morcegos; 5% por vespas; 5% por besouros; 4% por pássaros e 4% por borboletas e mariposas (FAO, 2004).

Para o funcionamento e conservação dos ecossistemas, em geral, os agentes polinizadores são essenciais para a diversidade vegetal, já que provê alimento para os seres humanos e os animais, influenciando, também, o aspecto qualitativo da produção (BUCHMANN et al., 1997).

A produção de frutos e sementes que sustentam incontáveis populações de variadas espécies, dependem da polinização realizada pelas abelhas. Estima-se que existe em torno de 20.000 espécies de abelhas no mundo. Além disso, onde há angiospermas, existe polinizadores, os mesmos favorecem a reprodução sexuada e conseqüentemente a variabilidade genética da maioria das plantas floríferas (SILVEIRA, 2002).

A maioria das plantas cultivadas são polinizadas por agentes específicos, na sua maioria por abelhas, Kerr (1994) relatou que as abelhas são responsáveis por 30 a 90% da polinização das árvores. Esse serviço ambiental é valiosíssimo, já que contribui para a manutenção da biodiversidade (KEVAN, 1999).

A fragmentação dos habitats, impactos do desmatamento, introdução de espécies exóticas e práticas agrícolas irracionais são entre as principais causas da diminuição das populações nativas de polinizadores (STEFFAN-DEWENTER et al., 2006). Por tais motivos, é suspeito ser a causa de baixa produção de frutos e sementes de plantas agrícolas. As plantas nativas também podem ser afetadas, e isto pode causar extinção local de populações de plantas, como também animais dependentes das mesmas (PINHEIRO MACHADO e SILVEIRA, 2006).

3.2 Polinizadores na agricultura

Já na agricultura os serviços de polinização podem ser feitos tanto por espécies domesticadas quanto por espécies de abelhas nativas (GARIBALDI et al., 2013). Das 141 espécies de plantas cultivadas no Brasil, aproximadamente 60% delas dependem em certo grau da polinização animal. Essas culturas são importantes para a alimentação humana, produção animal, produção de biodiesel e fibras (GIANNINI et al., 2015).

Muitas culturas produzidas no Brasil têm dependência fundamental do agente polinizador, como é o caso do guaraná. Essa cultura é dependente da polinização entomófila (polinização por insetos) e as abelhas sem ferrão são os principais polinizadores (FERREIRA, 2003). Outras culturas que já foram observadas tem um aumento significativo na presença das abelhas, como é o caso da acerola, (FREITAS et al., 1999), caju (FREITAS e PAXTON, 1998) e a goiaba (ALVES e FREITAS, 2007).

Já em algumas culturas como: melão, melancia, maracujá e maçã, a retirada das abelhas é crítica para esses cultivos, podendo ter reduções na produção de 70 a

80% (FREITAS, 1995; CAMILO, 1998; SOUZA, 2003). Ainda assim em algumas culturas como a do tomate, são autofecundados, não dependendo da ação dos polinizadores. Porém com a ajuda das abelhas, gera-se um aumento na qualidade dos frutos (peso, número de sementes), e muitas vezes até o número de frutos produzidos (BANDA e PAXTON, 1991; KEVAN et al., 1991; PALMA et al., 2008).

Sabendo dos benefícios da polinização para as culturas e o retorno econômico, alguns produtores já dominam a introdução e manejo de polinizadores em áreas agrícolas, investem também no manejo de paisagens, buscando deixar sua propriedade mais adequada para atrair e desenvolver populações de polinizadores naturais ou espontâneos (KREMEN, 2004; RICKETT et al., 2004).

Em termo financeiro, o valor da exportação mundial do mel em 2007 foi de 1,25 bilhão de dólares (vanENGELSDORP et al., 2010), mas ainda assim foi muito inferior ao valor dos serviços ecossistêmicos da polinização, que foi de 212 bilhões de dólares (GALLAI et al., 2009; POTTS et al., 2010).

A polinização na agricultura em países desenvolvidos e em desenvolvimento, tem se tornado mais dependentes nas últimas décadas (GALLAI et al., 2009; VAISSIÈRE et al., 2009). Só para fazer uma comparação dessa importância, em um país em desenvolvimento que tem culturas dependentes de polinizadores, na ausência dos mesmos, o país precisaria plantar seis vezes mais para obter a produtividade que os países desenvolvidos apresentam (AIZEN et al., 2009).

Em meados de 1956, as abelhas africanas foram introduzidas no Brasil, como alternativa para melhorar a produção de mel. Nesse período ocorreu acidentalmente a hibridização entre raças de origem africana e europeia que deram origem as abelhas conhecidas atualmente como africanizadas, sendo essas abelhas as principais produtoras de mel difundidas em todo território nos dias atuais (FAITA et al., 2014).

Devido sua alta plasticidade, as abelhas denominadas *Apis mellifera*, conseguiram sobreviver em ambientes naturais, agrícolas e urbanos, sendo possível ser encontrado em ambientes naturais em qualquer estado de preservação ou degradação, de norte a sul do país (MINUSSI e ALVES-DOS-SANTOS, 2007).

Características importantes que mantiveram a abelha africanizada tão integrada no país foram sua adaptação, prolificidade, rápido desenvolvimento, alta capacidade de produção de mel e própolis, maior identificação de fonte de alimento, eficiência na polinização e resistência a doenças (GONÇALVES, 2006).

A *Apis mellifera* é, sem dúvida, abelha mais importante para a produção agrícola, pois seus atributos em ser uma espécie generalista, ou seja, coleta alimento em uma grande diversidade de flores, com muitas operárias por ninho e uma ótima comunicação social. Essa espécie está disseminada em todo o planeta e é a espécie mais utilizada no mundo (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012). Essa abelha é responsável por produzir 40 mil toneladas anuais de mel, colocando o Brasil entre os onze maiores produtores mundiais (IBGE, 2016).

Em 2015 a apicultura apresentou um faturamento de aproximadamente 360 milhões, tendo uma queda de 1,7% em comparação com o ano de 2014. Ainda assim, ela é responsável por empregar 450 mil trabalhadores no campo, além de 16 mil empregos diretos e indiretos (IBGE, 2016).

A planta mamona (*Ricinus communis* L.) sendo uma cultura de polinização anemófila (que depende da ação do vento), foi demonstrado a contribuição dos polinizadores bióticos por Pierre et al. (2009), tiveram resultados na produtividade da mamona para a produção de biodiesel e mel de abelhas, gerando alimento e renda para a agricultura familiar.

Quando o produtor tem culturas dependentes da polinização biótica, pode ser utilizado colmeias de aluguel de *Apis mellifera*, como é o caso de algumas fruteiras como a macieira (*Pyrus malus* L.), a pereira (*Pyrus communis* L.), o pessegueiro (*Prunus persica* L.) e o kiwizeiro (*Actinidia deliciosa*). É uma realidade nos cultivos locais para vingarem os frutos (ORTH et al., 2000; PETRI, 2002; FAORO, 2009).

O café é outra cultura que pode ser autopolinizada, mas também pode ser beneficiada com a presença de insetos polinizadores. Na Indonésia foi mostrado que diferentes áreas de produção de café, sendo um próximo a fragmentos florestais, essa terá uma visitação de abelhas sociais maior, isto está relacionado a maior taxa de frutificação dos grãos de café, conseqüentemente, ganhos financeiros (KLEIN et al., 2003ab).

3.3 Agrotóxicos

O termo agrotóxico pode ser caracterizado como: substâncias químicas, que também podem ser de origem biológica, podendo ser classificadas de acordo com o tipo de praga que controlam. São compostas de substâncias químicas ativas e com efeitos à saúde humana e ao meio ambiente (AGROFIT, 1988).

Existe uma gama de agrotóxicos e esses podem ser classificados como: fungicidas (controle de fungos); inseticidas (controle de insetos); nematicidas (combate a nematoides); herbicidas (combate às plantas invasoras); bactericidas (combate a bactérias) e acaricidas (combate a ácaros) (CAVALCANTI et al., 2010).

Para Veiga (2007), os agrotóxicos trouxeram vários benefícios para agricultura. A sua utilização veio justamente para compensar alguns problemas produtivos, como: adoção de técnicas inadequadas de manejo e conservação do solo; uso intensivo e improprio do solo; degradação de ecossistemas; aumento de pragas e doenças.

Antes da publicação da Lei nº 7.802 de 1989, os produtos tóxicos eram liberados para uso nos campos brasileiros sem nenhuma preocupação e estudos em relação aos seus efeitos colaterais. Só depois dessa lei houve uma avaliação ambiental de agrotóxicos. Com isso, ocorreram alguns processos pelo qual os produtos são avaliados por órgãos competentes, designado pelo Ministério do Meio Ambiente, em relação a sua perspectiva ambiental (CHAM et al., 2017).

O IBAMA é um dos órgãos responsáveis por avaliar esse tipo de produtos, bem como a emissão de relatórios, cumprimento de protocolos técnicos-científicos para a elaboração de ensaios e afins (IBAMA, 2017).

O termo utilizado pela maioria dos países para produtos utilizados no controle de pragas e doenças nas lavouras é pesticida. Porém no Brasil, tem-se utilizado o termo agrotóxico. Esse termo foi criado pelo pesquisador Adilson Paschoal, e tem sua origem na Lei dos Agrotóxicos do Governo Federal de 1989. Segundo o pesquisador o termo agrotóxico cumpre todo o rigor exigido pela ciência para denominar esses compostos. Entretanto, o termo tem sido considerado negativo pelo setor produtivo, que tenta mudar a denominação por meio do projeto de lei 6299/2002, alterando o nome para pesticida, desviando assim o impacto que o nome agrotóxico carrega (TOOGE, 2019).

3.4 Agrotóxicos e as abelhas

Sabe-se que a utilização dos defensivos agrícolas pode causar danos à saúde humana como também à fauna e flora. Um dos principais agentes vistos como vítimas dessas práticas agrícolas são os polinizadores, em especial as abelhas. O contato entre os agrotóxicos e as abelhas pode ocorrer tanto com a ingestão do néctar e coleta de pólen, quanto pela exposição a partículas em suspensão no ar e nas partes

vegetais (KLEIN et al., 2007; PACÍFICO-DA-SILVA, 2015; CHAM et al., 2017; HEARD et al., 2017).

A excessiva utilização dos agrotóxicos incentiva a aplicação cada vez mais de defensivos agrícolas, já que isso induz a resistência das pragas aos produtos químicos, tendo como consequência um ciclo vicioso (FAO, 2004; GREENPEACE, 2017). Com isso os impactos sobre as abelhas só aumentam, isso sendo em nível individual ou grupal. Podendo ser as campeiras a sofrerem os primeiros efeitos do agrotóxico ou em contato da abelha contaminada com a colônia (BARGANSKA et al. 2016; CHAM et al., 2017).

As abelhas são bem úteis para detecção de resíduos químicos, em especial os agrotóxicos. Isso quer dizer que são considerados bons bioindicadores para avaliação e monitoramento das condições ambientais. Podendo ser analisadas em laboratório para fins científicos, criminais e de fiscalização (OLIVEIRA et al., 2014). A maioria dos agrotóxicos são prejudiciais aos indivíduos por terem a capacidade de bioconcentração em organismos vivos e isso deve-se por serem compostos orgânicos com características de hidrofobicidade (JARDIM e ANDRADE, 2009).

No inverno de 2006-2007, foi registrado no continente norte americano uma síndrome denominada distúrbio do colapso das colônias. Foi verificado que as colônias estavam entrando em colapso por meio de um conjunto de sintomas, entre os quais podem ser citados: a rápida perda de abelhas operárias, evidenciado pelo enfraquecimento ou morte da colônia com excesso de crias em comparação ao número de abelhas adultas; ausência de crias e abelhas adultas mortas dentro ou fora da colmeia; e ausência de invasão imediata da colmeia por pragas, como por exemplo, as traças. Os principais fatores que tem sido apontado como responsáveis pela síndrome, foram o estresse causado por patógenos, manejo inadequado das colônias, uso de agrotóxicos, má nutrição e a combinação entre esses fatores (vanENGELSDORP et al., 2009).

Nos últimos 10 anos foram registradas perdas de milhares de colmeias de abelha africanizada, em algumas visitas feitas pela equipe do Laboratório de Ecotoxicologia e Conservação de Abelhas, da Universidade Federal de São Carlos observou-se um número elevado de abelhas operárias mortas em torno da colmeia, porem nenhuma característica associada a CCD. A hipótese para a explicação dessa alta mortalidade está na aplicação de agrotóxicos nas áreas próxima ao apiário (PIRES et al., 2016).

Os efeitos subletais às abelhas causados pelos agrotóxicos, ou seja, aqueles que não levam a morte imediata, vem causando grandes preocupações e consequências. Podem afetar o comportamento, o desenvolvimento e o sistema imunológico, alterando a capacidade de combater infecções e causando problemas crônicos (FRAZIER et al., 2008; WHITEHORN et al., 2012).

Alguns agrotóxicos já foram estudados e seus efeitos subletais analisado, como o inseticida do grupo dos neonicotinóides. Estes já foram relacionados a alterações comportamentais e morfofisiológicas (SUCHAIL et al., 2001; DECOURTYE et al., 2004) afetando a capacidade de forrageamento (SCHNEIDER et al., 2012), aprendizagem (DECOURTYE et al., 2004) e vigor da colônia (WHITEHORN et al., 2012).

Muitos cultivos brasileiros ocorrem com a utilização múltipla de uma ou mais classes de inseticidas, herbicidas, fungicidas ou outros produtos, com o intuito de combater diversas pragas. Como consequência, as abelhas estão expostas a coletar recursos contaminados por diversos agrotóxicos, sendo a combinação dessas substâncias ainda mais negativas a esses polinizadores (GILL et al., 2012).

O Brasil tem uma extensa área de plantio e isso proporcionou que o país passasse a ser o maior consumidor de agrotóxicos do mundo. Também é o segundo país que mais exporta produtos agropecuários no planeta. A agropecuária foi responsável, em 2020, por 48% do que o Brasil exportou e representa 26,6 % do Produto Interno Bruto do país. Fatores como a Política da Revolução Verde, a liberação dos cultivos de transgênicos, a isenção de tributos fiscais e a liberação de novos produtos contribuíram deliberadamente para o aumento no consumo de agrotóxicos no Brasil (CARNEIRO et al., 2015).

Na hora de aplicar agrotóxicos sobre extensas áreas de monocultivos, os agricultores optam por pulverizar caldas desses produtos por meio de aviões e tratores sobre as lavouras. Essa prática acaba afetando além das “pragas” nas plantas cultivadas, algumas matrizes ambientais, como o solo, as águas superficiais, o ar, a chuva e os próprios alimentos. Além disso os trabalhadores, moradores próximos e outros animais estão susceptíveis ao contato com esses tóxicos (PIGNATI et al., 2011).

Alguns estudos demonstram que as abelhas podem coletar néctar, pólen e água contaminados por doses subletais de diversos tipos de agrotóxicos (TRAYNOR et al., 2016; COLWELL et al., 2017) e que quando levados à colônia podem afetar

diretamente outras castas, como as abelhas em desenvolvimento e as abelhas adultas (ZALUSKI et al., 2015; KAIRO et al., 2016; TRAYNOR et al., 2016).

Para a Vigilância em Saúde, esses modelos de produção geram situações de risco e acidentes rurais ampliados. Tais eventos têm sido denunciados por movimentos sociais e evidenciados pela sociedade que convive neste modelo de produção agrícola (OLIVEIRA, 2014).

Alguns patógenos podem aproveitar da suscetibilidade das abelhas que foram expostas aos agrotóxicos, potencializando assim seus efeitos sobre esses polinizadores. Doublet et al., (2015) mostraram que a utilização do neonicotinóide tiaclopride aumenta os efeitos negativos de dois patógenos comuns a *A. mellifera*: o microsporídio *N. ceranae* e o vírus *Black Queen Cell Virus* (BQCV).

Na saúde pública, são diversos os problemas causados por agrotóxicos, sendo observado: os do sistema nervoso, causando alterações neurocomportamentais a encefalopatias ou suicídios; sistema respiratórios, como a asma e fibrose pulmonar; na reprodução humana, como infertilidade masculina, aborto, malformações congênitas, parto prematuro, recém-nascido de baixo peso; efeitos mutagênicos, carcinogênicos e teratogênicos. Podendo apresentar-se como efeitos agudos aqueles que resultam da exposição de um ou mais agentes tóxicos, causando danos efetivos aparentes em um período de 24 horas, ou efeitos crônicos que resultam da exposição continuada a doses relativamente baixas de um ou mais produtos (RIBAS e MATSUMURA, 2009; SILVA et al., 2011; RIGOTTO et al., 2013).

Alguns fatores favorecem ao ocultamento sobre dados relacionados ao consumo de agrotóxicos. Sabendo da importância que isso tem sobre a saúde pública, algumas informações sobre os tipos e os volumes utilizados nos municípios brasileiros são camufladas, o que fomenta o desconhecimento do seu potencial tóxico. Essas ocorrências têm relação com os fazendeiros do agronegócio que ocupam cargos públicos e favorecem esse tipo omissão (NETO et al., 2014; ONISHI, 2014).

3.5 Imidacloprida

O imidacloprida é um agrotóxico que foi introduzido nos anos 1990, sendo um exemplar do grupo de inseticidas neonicotinóides. Seu uso tem aumentado consideravelmente nos últimos tempos. Talvez seja o mais utilizado no mundo para o

controle de pragas e doenças agrícolas (BLACQUIÈRE et al., 2012; FREITAS e PINHEIRO, 2010).

A nicotina e os neonicotinóides atuam como agonistas da acetilcolina, porém, ao contrário da nicotina eles são seletivos entre a classe *Insecta*. Isso quer dizer que tem afinidade entre os receptores colinérgicos. Seu efeito é muito maior em insetos do que em mamíferos, ou seja, o produto é potencialmente tóxico para os insetos (CARVALHO, 2008).

Muitos trabalhos demonstram os efeitos causados por doses subletais dos inseticidas neonicotinóides. Esses trabalhos têm importância para demonstrar como isso interfere na vitalidade e no desempenho comportamental das abelhas. Os neonicotinóides são caracterizados por afetar a mobilidade das abelhas, causando tremores, movimentos descoordenados e hiperatividade (BLACQUIÈRE et al., 2012).

Skerl e Gregorc (2010) com o intuito de contribuir como ferramenta no monitoramento dos efeitos das doses subletais do imidacloprida, fizeram uma avaliação histológica nas glândulas hipofaríngeas nas abelhas operárias de *Apis mellifera*. Com 48 horas de tratamento 50% das células estava em apoptose e houve um aumento gradativo para 100% após 72 horas.

Nas lavouras o imidacloprida deixa resíduos no pólen e néctar, dessa forma, as abelhas campeiras de *A. mellifera* estão sujeitas a exposição dessa contaminação (BLACQUIÈRE et al., 2012). Shneider et al. (2012) observaram que houve uma redução significativa de voo e da atividade de forrageamento em abelhas campeiras tratadas com alimento contaminado com a dose subletal de 0,0015g/abelha.

A rainha da *Apis mellifera* também é prejudicada com os efeitos subletais do imidacloprida. Foi feito um tratamento com alimento contaminado na proporção de 0,004µg/abelha e constataram que afetou o ciclo de postura da rainha e a quantidade de larvas e pupas. Além disso, teve consequência sobre o tempo de desenvolvimento das larvas até a fase adulta, quando houve a ingestão de alimento intoxicado na dose de 5µg (SCHMUCK et al., 2001; DECOURTYE et al., 2005).

Em 1º de dezembro de 2013 a União Europeia aplicou uma restrição quanto ao uso de três neonicotinóides: imidacloprida, clotianidina e tiametoxam no tratamento de sementes. Essa atitude foi tomada pelo governo por causa dos riscos que podem ser causados aos seres humanos e a outras espécies. Após essa medida, França, Alemanha, Itália e Eslovênia concordaram com o banimento dos agrotóxicos. No

mesmo raciocínio, manifestaram-se a América do Norte o Canada e os Estados Unidos (JOLLY, 2015; PAN-UK, 2015).

Alguns pesquisadores não estão convencidos sobre a alta toxicidade do imidacloprida para abelhas e argumentam que muitos ensaios foram realizados utilizando altas dosagens do composto e ainda que as abelhas podem evitar lavouras que foram submetidas a utilização de agrotóxicos (SAMSON-ROBERT et al., 2015; RUNDLÖF et al., 2015).

3.6 Fipronil

Os fenilpirazoles que é o grupo que inclui o fipronil, possuem ação inseticida e herbicida, e atuam como antagonista dos receptores do ácido gama-aminobutírico, bloqueando o fluxo de íons de cloreto, levando a hiperexcitação e a morte (GUNASERAKA et al., 2007). Este inseticida foi sintetizado pela Rhône Poulenc Ag Company, atual Bayer Crop Science em 1987, lançado em 1993 e registrado nos EUA em 1996 (WARE, 2000).

No Brasil, o fipronil apresenta autorização da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA para comercialização em diversas formulações. Ele é utilizado para controle de pragas nas culturas de algodão, arroz, batata, cana de açúcar, milho, soja, cevada, feijão, trigo, pastagens e eucalipto (ANVISA, 2014).

Os fenilpirazoles podem ser detectados no pólen e néctar durante o período de floração (CUTLER & SCOTT-EMPLASTRO, 2007). Como consequência disso, as abelhas podem sofrer fortes exposições mesmo após um longo período de tempo da aplicação (FERREIRA, 2010). De acordo com Connolly, (2001), o tempo de vida médio desses compostos variam de acordo com as condições ambientais, tipo de substrato e dose aplicada, podendo chegar a 693 dias.

As abelhas estão sempre susceptíveis a experimentar a exposição crônica desses inseticidas, coletando recursos contaminados com doses subletais. Ao fazer isso, a abelha armazena o material contaminado, assim, prejudicando o desenvolvimento e sobrevivência das colônias ao longo prazo (JOHNSON et al., 2010). Estudo realizado por Roat et al. (2014), tem apontado que abelhas expostas ao inseticida fipronil tiveram alterações na expressão de proteínas relacionadas à síntese de energia, imunidade, apoptose, visão, formação de sinapse, memória e aprendizagem.

A exposição do fipronil em condições ambientes pode ser convertido em metabolitos de sulfona, dussulfenil, sulfeto e fenil amida, que também apresentam alta toxicidade para invertebrados (KONWICK et al., 2006). Quando aplicado em doses subletais em *Apis mellifera*, promovem alterações no nível ultraestrutural em ventrículos, túbulos de Malpighi e glândulas de seda (CRUZ et al., 2010).

Em países da União Europeia a taxa de aplicação do fipronil varia entre 17,5 e 44g/i.a/ha. Cultivares com essa quantidade de tóxicos apresentam respectivamente 2,3 e 6,4µg fipronil kg⁻¹ de pólen (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2013).

A utilização desses tóxicos ocasiona alterações morfológicas das glândulas hipofaringeanas (HATJINA et al., 2013) que estão relacionadas com a produção de geleia real. As proteínas da geleia real possuem importante função de nutrição para a colônia e podem influenciar a diferenciação de castas e na sanidade das abelhas, já que algumas proteínas da geleia real apresentam atividade antimicrobiana (VEZETEU et al., 2017). Com isso, a redução dessa proteína em colônias expostas a agrotóxicos pode aumentar sua susceptibilidade a patógenos, prejudicando a criação de larvas (ZALUSKI, 2017).

Aliouane et al. (2009) verificaram que abelhas recém-nascidas expostas a doses subletais do fipronil (0,0001 e 0,00001µg/abelha), por contato e ingestão, apresentaram comprometimento na aprendizagem olfatória. Aquelas tratadas com 0,0001µg/abelha morreram sete dias após a exposição e com 0,00001µg/abelha ingeriram mais água que os outros tratamentos, apresentando maior imobilidade e comprometimento dos seus movimentos.

3.7 Biopesticida

A utilização de plantas e dos seus derivados como inseticida é uma pratica que vem sendo adotada pelo homem desde a idade antiga (VIEGAS-JUNIOR, 2003). Além de terem efeitos inseticidas comprovados, apresentam uma diversidade de compostos ativos, os quais agem sinergicamente, apresentando características atraentes, desalojantes ou repelentes, entre outras que podem ser empregadas em sistema de manejo integrado de pragas, como alternativa dirigida para controle e monitoramento das populações de insetos (NAVARRO-SILVA et al., 2009).

Os óleos essenciais (OEs) são originados dos metabolitos secundários da planta advindo de estruturas vegetais como: folha, raiz, flor, fruto, caule e semente.

Sua constituição química apresenta variações qualitativas e quantitativas que são influenciadas por fatores como: a genética da planta, época de colheita, método de extração, entre outros (ASBAHANI et al., 2015; SMITHA e RANA, 2015; TONGNUANCHAN e BENJAKUL, 2014).

Os OEs são formados por uma mistura de substâncias envolvendo álcoois, compostos nitrogenados, oxigenados e principalmente terpenos (ISMAN, 2006). Os monoterpenos e os sesquiterpenos são as moléculas mais encontradas na composição química dos OEs (BAKKALI et al., 2008), apresentando bioatividade principalmente no controle de pragas (ALBUQUERQUE et al., 2013; BENITES et al., 2014; PEIXOTO et al., 2015).

Normalmente as plantas possuem metabolitos primários e secundários na sua composição, sendo os primários importantes para o desenvolvimento do organismo, estando presente em todas células vegetais. Os metabolitos secundários são utilizados pelas plantas como forma de defesa aos microrganismos, insetos e outros artrópodes fitófagos (LUCAS et al., 2000).

A baixa toxicidade a organismos não alvos são as principais características que classificam os OEs como substâncias seguras para o controle de pragas. Ainda assim, alguns biopesticidas são passíveis de causar efeitos indesejados para os organismos não alvos como as abelhas, apresentando efeitos subletais em *Apis mellifera* (XAVIER et al., 2015).

Diversos vegetais do gênero *Annona*, como a graviola (*Annona muricata*), são utilizados na medicina popular por diversas tribos da região amazônica no tratamento de aftas, como antitérmico, diurético, no combate a insônia e contra dores de cabeça (RINALDI, 2007). Os frutos dessa espécie também são utilizados no tratamento de infecções de pele ou como inseticidas (VEGA et al., 2007).

O gênero *Annona* é muito estudado devido aos seus metabolitos. São sintetizados substâncias secundárias como: os alcaloides isoquinolínicos, as acetogênicas, os diterpenos, esteroides, monoterpenos, triterpenos, lactonas, flavonoides e cetonas (RODRIGUES, 2016). As substâncias acetogênicas quando utilizadas contra insetos, atuam nas mitocôndrias, inibindo NADH, o que causa a morte desses indivíduos (ZAFRA-POLO et al., 1996; LÜMMEN, 1998).

O potencial das plantas *Annonaceae* no controle de pragas urbanas já foi demonstrado por diversos autores. Magadula et al. (2009) avaliaram a citotoxicidade e as propriedades larvicidas de três espécies de *Annonaceae* (*A. muricata*, *A.*

senegalensis e *A. squamosa*) contra espécies de *Culex*, o mosquito *C. quinquefasciatus* (Culicidae), apresentando resultados promissores para as espécies *A. senegalensis* e *A. squamosa*. Visando o controle do principal vetor da dengue, o *A. aegypti*, alguns autores pesquisaram a bioatividade das espécies de *Annona* (*A. coriacea*, *A. crassiflora*, *A. foetida*, *A. glabra* e *A. muricata*) (MORALES et al., 2004; BOBADILLA et al., 2005; OMENA et al., 2007; COSTA et al., 2012; DILL et al., 2012).

Pesquisadores tem promovido diversos estudos relacionados a família *Annonaceae* buscando verificar a atividade fitoinseticida contra as principais pragas agrícolas. Os insetos da ordem *Coleoptera* também já foram controlados em pesquisas laboratoriais utilizando fitoinseticidas, como por exemplo *A. muricata* (GUADAÑO et al., 2000). Outro grupo de insetos pragas de grande importância econômica são os hemípteros. Mikami (2011) testou sementes de *A. muricata* contra esse grupo de insetos. Pesquisas foram realizadas com insetos praga que atacam os alimentos após a colheita, principalmente da ordem Coleóptera, que ocorrem em grãos armazenados, e várias espécies de anonáceas mostraram-se eficientes para o controle deste tipo de praga apresentando um efeito fumigante em diversas espécies de besouros, tais como *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Chrysomelidae), controlados com *A. muricata* (ADEOYE; EWETE, 2010).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O experimento foi desenvolvido no Apiário experimental e no Laboratório de Abelhas (LABEE) do Centro de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), em Rio Largo, AL (latitude 09° 27' 54,8" S e longitude 35° 49' 59,7" W).

4.2 Abelhas experimentais

Para obtenção das abelhas experimentais, foi coletado um favo com crias fechadas próximas ao nascimento em uma colônia do apiário. O favo foi mantido em recipiente telado dentro de uma estufa a 35°C e 40% de umidade relativa até o nascimento das abelhas (Figura 1).



Figura 1. Recipiente telado contendo o favo com crias fechadas sendo incubado para obtenção das abelhas experimentais. (Fonte: autor, 2021).

As abelhas recém-emergidas provenientes desses favos foram capturadas e confinadas em gaiolas de madeira (12,5 x 15 x 10 cm) com uma frente de vidro (Figura 2) e mantidas sob condições controladas em estufa como descrito acima. Foram utilizadas quatro gaiolas com 30 abelhas alojadas em cada gaiola e imposto um jejum de 24 horas pós-emergência para garantir que as abelhas consumissem as dietas assim que as mesmas fossem ofertadas.



Figura 2. Gaiolas experimentais prontas para receber as abelhas recém emergidas. (Fonte: autor, 2021).

4.3 Tratamentos

No presente trabalho foram feitos quatro tratamentos para avaliar a toxicidade dos agrotóxicos e do agrotóxico biológico Imidacloprida (T1); Fipronil (T2); Biopesticida (T3) e o grupo controle (T4). As quantidades utilizadas para os dois agrotóxicos, foram calculadas levando em consideração as doses em que esses agrotóxicos são regularmente aplicados em culturas agrícolas e as quais as abelhas

podem ser naturalmente expostas quando forrageiam livremente nas culturas que foram pulverizadas. Já a dose do biopesticida foi calculada com base na concentração letal estimada para *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), praga comum das brássicas (GOMES et al., 2016).

Para o tratamento T1 (Imidacloprida) foi preparado uma solução estoque adicionando-se 1,5g/L do produto comercial Evidence 700WG (Bayer). Dessa solução foram retirados 2ml que foram diluídos em 2mL de xarope de mel (água e mel 1:1). Da mesma forma, para o T2 foi preparado uma solução estoque adicionando 0,4g/L de fipronil 800WG (Nortox). Em seguida, foram retirados 2mL dessa solução que foram diluídos em 2ml de xarope de mel (água e mel 1:1). Para o tratamento T3 a solução estoque foi preparada adicionando-se 2,5g/L de uma formulação microencapsulada obtida das sementes da graviola (*Annona muricata*), produzida no Laboratório de Entomologia: Controle Alternativo de Pragas (LECAP/CECA). Dessa solução foram retiradas 2ml que foram diluídos em 2ml de xarope de mel (água e mel 1:1). O tratamento T4 (controle) consistiu de uma solução de 4 mL de xarope de mel (água e mel 1:1) sem adição de agrotóxico. Os quatro tratamentos foram ofertados às abelhas por meio de bolas de algodão embebidas nas respectivas soluções. As bolas de algodão foram colocadas dentro de tampas de tubos de ensaio de 50 mL (Figura 3).



Figura 3. Recipientes contendo as bolas de algodão embebidas nas soluções dos respectivos tratamentos. (Fonte: autor, 2021).

O alimento contaminado foi fornecido na dieta a base de mel diluído em água destilada (1:1), por um período de 30 minutos. Em seguida, as abelhas dos três tratamentos com agrotóxicos foram alimentadas normalmente com uma solução de mel com água sem adição de agrotóxico em bebedouros artificiais.

4.4 Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (Imidacloprida, Fipronil, Biopesticida e Controle (sem adição de agrotóxico), e três repetições de 30 abelhas, totalizando 90 abelhas por tratamento. A influência do tratamento sobre a taxa de mortalidade das abelhas aos 30 minutos e as 48 horas após o fornecimento da dieta contaminada foi analisada pelo procedimento ANAVA do programa SISVAR, versão 5.8. As médias de mortalidade dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização do experimento, não houve mortalidade de abelhas no tratamento controle. Todos os agrotóxicos causaram mortalidade após 48 horas. Contudo, os agrotóxicos sintéticos causaram uma mortalidade de quase 100 %, e não diferiram estatisticamente entre si. Enquanto o biopesticida demonstrou apenas uma taxa de 38,8% de mortalidade média (Figura 4).

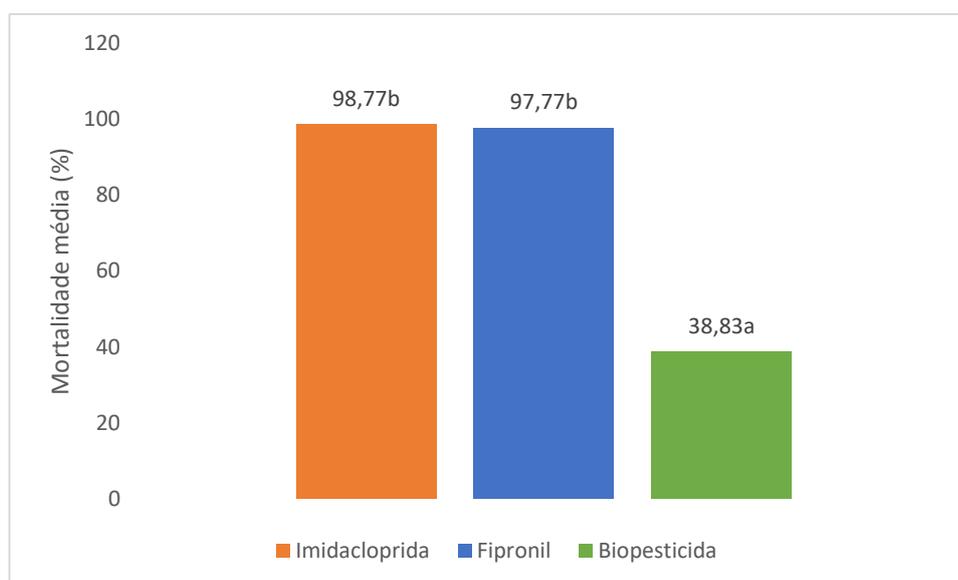


Figura 4. Taxa de mortalidade média de abelhas 48h após exposição por 30 min a diferentes tipos de agrotóxicos.

A curva de mortalidade das abelhas durante e após a exposição das abelhas aos três agrotóxicos está apresentada abaixo (Figura 5).

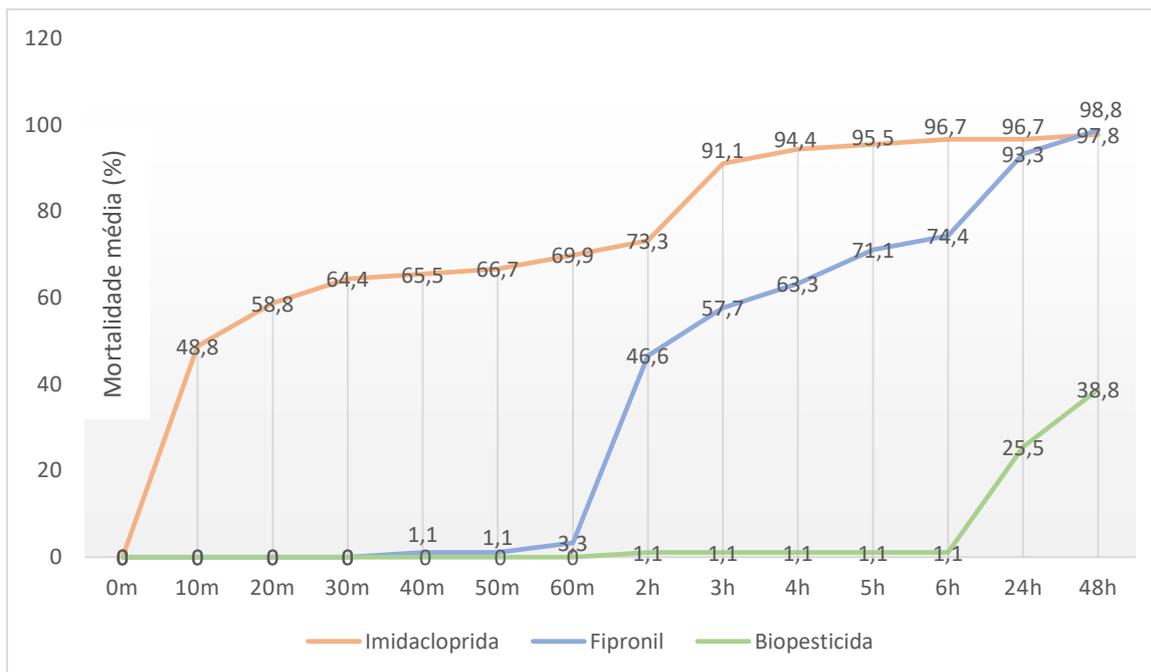


Figura 5. Curva de mortalidade das abelhas durante e após exposição aos agrotóxicos por 30 minutos.

Apesar dos efeitos letais dos dois agrotóxicos sintéticos serem praticamente os mesmos com 48 horas pós exposição, o imidacloprida demonstrou ter efeitos imediatos. Ao primeiro contato das abelhas com esse neonicotinóide elas começaram a apresentar sinais de contaminação. Inicialmente foram observados comportamentos como: autolimpeza, antenação, tremores, agitação e em seguida as abelhas começaram a agonizar até a morte. Com trinta minutos de exposição 64,4% das abelhas do tratamento T1 (Imidacloprido) já tinham morrido e outras estavam agonizando (Figura 6). Os neonicotinóides atuam no sistema nervoso central dos insetos como agonistas da acetilcolina nos receptores nicotínicos pós-sinápticos (NAUEN et al., 2005).

O biopesticida foi o menos agressivo contra as abelhas *Apis mellifera*, tanto em quantitativo de mortalidade das abelhas como também no tempo de ação. Somente 24 horas após sua administração foi observada mortalidade mais significativa, mas a mortalidade não passou de 38,8% com 48 horas. Apesar da baixa mortalidade quando comparado aos agrotóxicos sintéticos, ele demonstrou alguns efeitos adversos às abelhas como: apatia, letargia, desnorreamento. A dose do biopesticida utilizada no presente trabalho foi baseada na concentração letal estimada para *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) (GOMES et al., 2016). Portanto, seria interessante a

realização de novos trabalhos com esse biopesticida para determinar a dose letal e subletal para em abelhas africanizadas, assim como quantificar seus efeitos colaterais.

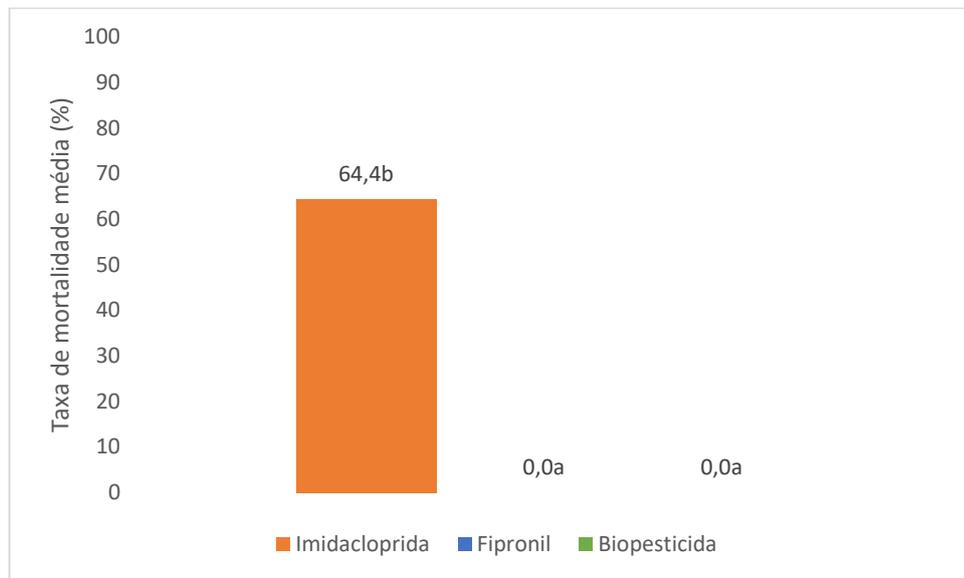


Figura 6. Taxa de mortalidade média das abelhas após 30 min exposição a diferentes tipos de agrotóxicos.

Observou-se que a contaminação das abelhas em todos os tratamentos ocorreu tanto por ingestão como por contato com o alimento contaminado (Figura 7).



Figura 7. Abelhas contaminando-se por contato e ingestão. (Fonte: autor, 2021).

No tratamento T2 (Fipronil) as abelhas demoraram praticamente duas horas para apresentarem elevada taxa de mortalidade, apesar de terem consumido o alimento contaminado assim que o mesmo foi ofertado. Da mesma forma que no tratamento T1, as abelhas do tratamento T2 se contaminaram pela ingestão e por contato com o agrotóxico. Observou-se que algumas abelhas passam por cima ou caem diretamente sobre o agrotóxico e que nessas abelhas os efeitos dos agrotóxicos são mais nocivos e acelerados. Após a contaminação por contato, as abelhas apresentaram uma reação de limpeza e agitação entre elas nos primeiros minutos e após duas horas foi observado mortalidade importante (Figura 8), assim como comportamento letárgico e/ou até paralisia. Sabe-se que as abelhas apresentam um importante comportamento de limpeza e defesa contra parasitas denominado “grooming”. Esse comportamento envolve a remoção física e inclusive a mutilação de ácaros (*Varroa*) do corpo de abelhas adultas. A remoção é feita por operárias individuais (autogrooming) ou por grupo de operárias da colônia (allogrooming) (BOECKING e SPIVAK, 1999). Esse comportamento é o principal mecanismo de resistência das abelhas *A. cerana*, hospedeiras naturais de *Varroa destructor*, mas também é observado em *Apis mellifera*. Entretanto, esse comportamento é mais intenso nas *Apis mellifera* africanizadas e em linhagens *Varroa* resistentes (Moretto et al., 1993 e Invernizzi et al., 2015). Portanto, esse hábito de limpar umas às outras pode ter tido como consequência a maior disseminação dos agrotóxicos. Além disso, o fato delas compartilharem o alimento, também pode favorecer a dispersão dos agrotóxicos com maior velocidade.

Zaluski (2014) observou durante experimentos de toxicidade alterações comportamentais que incluíram: agitação, convulsão, tremores e paralisia. Essas alterações podem ser devido à ação antagônica do fipronil sobre o neurotransmissor ácido gama amino butírico (GABA), que atua impedindo a entrada dos íons Cl⁻ nas células nervosas de insetos intoxicados, causando atividade neural excessiva (Narahashi et al. 2010).



Figura 8. Abelhas mortas durante o experimento. (Fonte: autor, 2021).

6 CONCLUSÃO

Os agrotóxicos convencionais: Evidence 700WG (Bayer) e Fipronil 800WG (Nortox) demonstraram ser extremamente nocivos às abelhas *Apis mellifera* africanizadas. Dando ênfase ao Imidacloprida que foi o agrotóxico mais agressivo, causando efeitos imediatos sobre as abelhas após sua administração;

A formulação microencapsulada obtida das sementes da graviola *Annona muricata* (Biopesticida), mostrou-se uma opção mais sustentável do que os agrotóxicos convencionais, quando falamos em proteção de polinizadores, em específico a abelha africanizada.

Para satisfazer suas necessidades alimentares, as abelhas consomem recursos alimentares mesmo quando eles estão contaminados com agrotóxicos;

O intenso comportamento de “grooming” e o compartilhamento do alimento contaminado pode agir aumentando a disseminação dos agrotóxicos e gerando efeitos mais generalizados sobre as abelhas;

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOYE, O. T.; EWETE, F. K. Potentials of *Annona muricata* Linnaeus (Annonaceae) as a botanical insecticide against *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Agriculture, Forestry and the Social Sciences**, Calabar, v. 8, n.2, p.147-151, 2010.

AGROFIT (Base de dados de produtos agrotóxicos e fitossanitários). Brasília: **Secretaria de Defesa Agropecuária/Ministério da Agricultura e do Abastecimento**, 1988.

AIZEN, M. A. et al. "How Much Does Agriculture Depend on Pollinators? Lessons from Long-term Trends in Crop Production". **Annals of Botany**, 103(9): 1579, 2009.

ALBUQUERQUE, E. L. D. et al. Insecticidal and repellence activity of the essential oil of *Pogostemon cablin* against urban ants species. **Acta Tropica**, v. 127, p. 181–186, 2013.

ALIOUANE, Y. et al. Subchronic exposure of honeybees to sublethal doses of pesticides: effects on behavior. **Environ. Toxicol. Chem.**, v. 28, n. 1, p. 113-122, 2009.

ALVES-DOS-SANTOS, I. et al. "Quando um visitante floral é um polinizador?". Universidade de São Paulo, **Inst. Biociências**, Depto. Ecologia, R. do Matão 321, Travessa 14, 05508-090, São Paulo, SP, Brasil, 2016.

ALVES, J. E. & FREITAS, B. M. "Requerimentos de Polinização da Goiabeira". **Ciência Rural**, 37(5): 1281-1286, 2007.

ASBAHANI, A. EL. et al. Essential oils: From extraction to encapsulation. **International Journal of Pharmaceutics**, 2015.

BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 446–475, 2008.

BANDA, H. J. & PAXTON, R. J. "Pollination of Greenhouse Tomatoes by Bees". **Acta Horticulturae**, 288: 194-198, 1991.

BARGANSKA, Z.; SLEBIODA, M.; NAMIESNIK, J. Honey bees and their products: bioindicators of environmental contamination, **Crit. Rev. Environ. Sci. Technol**, v. 46, n.3, p. 235–248, 2016.

BENITES, J. et al. *Acantholippia deserticola* essential oil as a natural pesticide against agricultural plagues woolly whitefly [*Aleurothrixus floccosus* (Maskell)], Chilean false red mite (*Brevipalpus chilensis* Baker) and two-spotted mite (*Tetranychus urticae* Koch). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 13, n. 3, p. 297–304, 2014.

BIESMEIJER, J. C. et al. "Parallel Declines in Pollinators and Insect-pollinated Plants in Britain and the Netherlands". **Science**, 313: 351-354, 2006.

BLACQUIÈRE, T.; et al. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, sideeffects and risk assessment. **Ecotoxicology**, v.21, p.973-992, 2012.

BOBADILLA, M. et al. Evaluación larvicida de suspensiones acuosas de *Annona muricata* Linnaeus (guanábana) sobre *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera, Culicidae). **Revista Peruana de Biología**, Lima, v. 12, n.1, p.15-152, 2005.

BOECKING, O., AND SPIVAK, M. Behavioral defenses of honey bees against *Varroa jacobsoni* Oud. **Apidologie** 30, 141–158. doi: 10.1051/apido:19990205, 1999.

BONMATIN, J.M. et al. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. **Environ. Sci. Pollut. Res. Int.** 22, 35-67 (2015).

BUCHMANN, S.; NABHAN, G. & MIROCHA, P. **The Forgotten Pollinators**. Washington, Island Press, 1997.

CAMILLO, E. "Estudos sobre o Incremento dos Polinizadores (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) do Maracujá Amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.)". In: XII Congresso Brasileiro de Apicultura, Salvador. **Anais**. 1998, CD-ROM.

CARNEIRO, F.F. et al. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV, São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CARVALHO, S.P.L. **Toxicidade de inseticidas neonicotinóides sobre psílideo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) e o parasitóide *Tamarixia radiata* (Waterson) (Hymenoptera: Eulophidae)**. 59f. Tese (Doutorado) – Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CAVALCANTI, J. A. et al. Agrotóxicos: uma temática para o ensino de Química. **Química nova na escola**, v. 32, n. 1, p. 31-36, 2010.

COLWELL, M. J. et al. Honey bee-collected pollen in agro-ecosystems reveals diet diversity, diet quality, and pesticide exposure. **Ecol. Evol.** doi: 10.1002/ece3.3178 (2017).

CONNOLLY, P. Environmental fate of fipronil. **California Environmental Protection Agency**: Department of Pesticide Regulation. Sacramento, CA 95812-4015, 2001.

COSTA, M. S. et al. Morphological changes in the midgut of *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvae following exposure to an *Annona coriacea* (Magnoliales: Annonaceae) extract. **Neotropical Entomology**, New York, v. 41, n.3, p.123-127, 2012.

CRUZ, A.S. et al. Morphological alterations induced by boric acid and fipronil in the midgut of worker honeybee (*Apis mellifera* L.) larvae. **Cell Biology and Toxicology**, v.26, n.2, p.165-176, 2010.

CUTLER, G.C.; SCOTT-DUPREE, C.D. Exposure to clothianidin seed-treated canola has no long-term impact on honey bees. **Journal of Economic Entomology**, v.100, p.765-772, 2007.

DECOURTYE, A. et al. Effects of imidacloprid and deltamethrin on associative learning in honeybees under semi-field and laboratory conditions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.57, p.410-419, 2004.

DECOURTYE, A.; et al. Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*. **Archives of Environmental Contamination Toxicology**, v.48, p.242–250, 2005.

DEFRA. Assessment of the risk posed to honeybees by systemic pesticides. Project PS2322. CSL, York, UK, 2007.

DILL, E. M.; PEREIRA, M. J. B; COSTA, M. S. Efeito residual do extrato de *Annona coriacea* sobre *Aedes aegypti*. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, p. 595-601-601, 2012.

DOUBLET, V. et al. Bees under stress: sublethal doses of a neonicotinoid pesticide and pathogens interact to elevate honey bee mortality across the life cycle. **Environmental Microbiology**, v.17, p.969-983, 2015.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance fipronil. **Efsa J.**, v.11, n.5, p. 3158, 2013.

FAITA, M. R. et al. Defensive behavior of africanized honeybees (Hymenoptera: Apidae) in Dourados-Mato Grosso do Sul, Brazil. **Revista Colombiana de Entomología**, v.40, n.2, p.235-240, jul./dic. 2014

FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. In: FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. (eds.) **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Imprensa Universitária. Fortaleza, Brasil. p. 19-2. 2004.

FAORO, I. D. **Biologia Reprodutiva da Pereira Japonesa (*Pyrus pyrifolia* var. *Culta*) sob o Efeito do Genótipo e do Ambiente**. Tese (Doutorado) – Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

FERREIRA, M. N. **Polinização Dirigida em Guaranazal Cultivado Utilizando-se Abelhas *Apis mellifera*, *Melipona seminigra* abunensis e *Scaptotrigona* sp. – Mato Grosso – Brasil**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.

FERREIRA, R.A.C. **Análise morfológica e histoquímica do corpo gorduroso e dos túbulos de Malpighi de operárias adultas de *Scaptotrigona postica* (Latreille, 1807) (Hymenoptera, Apidea) tratadas com fipronil e ácido bórico.** 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista, 2010.

FRAZIER, M. et al. What have pesticides got to do with it? **American Bee Journal**, v.148, p.521-523, 2008.

FREITAS, B.M. **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.).** Thesis, University of Wales, Cardiff, UK. 197p. 1995.

FREITAS, B. M. & PAXTON, R. J. "A Comparison of Two Pollinators: the Introduced Honey Bee *Apis mellifera* and an Indigenous Bee *Centris tarsata* on Cashew *Anacardium Occidentale* in Its Native Range of NE Brazil". **Journal of Applied Ecology**, 35(1): 109-121, 1998.

FREITAS, B. M. et al. Pollination Requirements of West Indian Cherry (*Malpighia emarginata*) and Its Putative Pollinators, *Centris* Bees, in NE Brazil". **Journal of Agricultural Science**, 133: 303-311, 1999.

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, p.282-298, 2010.

FUMAGALI, E. et al. Produção de metabolitos secundarios em cultura de células e tecidos de plantas: o exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. **Rev. bras. Farmacognesia**. João Pessoa, v. 18, n. 4, p 627-641. Dez. 2008.

GALLAI, N. et al. "Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline". **Ecological Economics**, 68(3): 810-821, 2009.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GARIBALDI, L.A. et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, v.339, p.1608-1611, 2013. DOI: 10.1126/science.1230200.

GIANNINI, T.C. et al. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v.108, p.1-9, 2015a. DOI: 10.1093/jee/tov093.

GILL, R. J.; RAMOS-RODRIGUEZ, O. & RAINE, N. E. Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. **Nature** 491, 105-8 (2012).

GODFRAY, H. C. J. et al. A restatement of the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. **Proc. R. Soc. B**, v. 281, 2014.

GOMES, I.B. et al. Bioactivity of microencapsulated soursop seeds extract on *Plutella xylostella*. **Ciência Rural** 46:771-775. doi: 10.1590//0103-8478cr20141701, (2016)

GONÇALVES, L.S. 50 anos de abelhas africanizadas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 16., 2006. Aracaju. **Anais...** Aracaju: CBA, 2006. 1 CD.

GREENPEACE. **The environmental risks of neonicotinoid pesticides: a review of the evidence post-2013**. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/italy/Global/italy/report/2017/agricoltura/neonicotinoid_pesticides.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2022.

GUADAÑO, A. et al. Insecticidal and mutagenic evaluation of two annonaceous acetogenins. **Journal of Natural Products**, Columbus, v. 63, p.773-776, 2000.

GUNASEKARA, A. et al. Environmental fate and toxicology of fipronil. **Journal of Pesticide Science**, v.32, p.189-199, 2007.

HATJINA, F. et al. Sublethal doses of imidacloprid decreased size of hypopharyngeal glands and respiratory rhythm of honeybees in vivo. **Apidologie** 44, 467-480, 2013.

HEARD, M. S. et al. Comparative toxicity of pesticides and environmental contaminants in bees: Are honey bees a useful proxy for wild bee species? **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 357–365, 2017.

HENRY, M. et al. A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. **Science** 336, 348-50. 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 43, p. 1-49.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Avaliação de risco de agrotóxico para insetos polinizadores e lacunas de conhecimento**. Coordenação de Controle Ambiental de substâncias e produtos perigosos. Nota Técnica 02001.000062/2017.93 CCNP/IBAMA, 2017.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.

INVERNIZZI, C. et al. (2015). Multilevel assessment of grooming behavior against *Varroa destructor* in Italian and Africanized honey bees. **J. Apic. Res.** 54, 321–327. doi: 10.1080/00218839.2016.1159055

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review Entomology**, v. 51, p. 45–66, 2006.

JARDIM, I. C. S. F.; ANDRADE, J. A. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global – um enfoque às maçãs. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 996-1012, 2009.

JESCHKE, P. et al. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. **J. Agric. Food Chem.** 59, 2897-908 (2011).

JOLLY, D. Pesticides Linked to Honeybee Deaths Pose More Risks. **The New York Times**, 2015.

JOHANSEN, C.A., MAYER, D.F. (1990) Pollinator protection: a bee & pesticide handbook. **Wicwas Press**, Cheshire, USA.

JOHNSON, R. M. et al. Pesticides and honey bee toxicity – USA. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 312-331, 2010.

KAIRO, G. et al. Drone exposure to the systemic insecticide Fipronil indirectly impairs queen reproductive potential. **Sci Rep.** 6, 31904; 10.1038/srep31904, 2016.

KESSLER, S. C. et al. Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides. **Nature** 521, 74-76 (2015).

KERR, W. E. Há salvação para os Meliponíneos? In: I ENCONTRO SOBRE ABELHAS, RIBEIRÃO PRETO/SP, **Anais...** v. 1, p. 60-65, 1994.

KEVAN, P. G. et al. "Pollination of Greenhouse Tomatoes by Bumble Bees in Ontario". **Proceedings of the Entomological Society of Ontario**, 122: 15-19, 1991.

KEVAN P.G. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1999; 74:373-393.

KLEIN, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. & TSCHARNTKE, T. "Fruit Set of Highland Coffee Increases with the Diversity of Pollinating Bees". **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 270(1518): 955-961, 2003a.

KLEIN, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. & TSCHARNTKE, T. Pollination of *Coffea canephora* in Relation to Local and Regional Agroforestry Management. **Journal of Applied Ecology**, 40(5): 837-845, 2003b.

KLEIN, A.-M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proc. R. Soc. B-Biol. Sci.**, v. 274, n.1608, p. 303–313, 2007.

KONWICK, B. J.; GARRISON, A.W.; BLACK, M.C.; AVANTS, J.K.; FISK, A.T. Bioaccumulation, biotransformation and metabolite formation of fipronil and chiral legacy pesticides in rainbow trout. **Environ. Sci. Technol.**, v. 1, n. 40, p. 2930-2936, 2006.

KREMEN, C. **Pollination services and community composition**: does it depend on diversity, abundance, biomass or species traits? In: Freitas, B.M.; Pereira, J.O.P. (eds.) Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Imprensa Universitária. Fortaleza, Brasil. p. 115-124. 2004.

LUCAS, P. W. et al. Mechanical defences to herbivory. **Annals of Botany**, Oxford, v. 86, p.913-920, 2000.

LÜMMEN, P. Complex I inhibitors as insecticides and acaricides. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1364, n.2, p.287–296, 1998.

LUNA, J. S. et al. Acetogenins in *Annona muricata* L. (annonaceae) leaves are potent molluscicides. **Natural Product Research**, Part A: Structure and Synthesis, 20(3), 253-257, 2006.

MAGADULA, J. J.; INNOCENT, E.; OTIENO, J. N. Mosquito larvicidal and cytotoxic activities of 3 *Annona* species and isolation of active principles. **Journal of Medicinal Plants Research**, Lagos, v. 3, n.9, p. 674–680, 2009.

MARGNI, M. et al. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 93, p. 379–392, 2002.

MAYER, D.F., LUNDEN, J.D. Field and laboratory tests of the effects of fipronil on adult female *Apis mellifera*, *Megachile rotundata* and *Nomia melanderi*. **J. Apic. Res.** 38 (4), 191-197, 1999.

MIKAMI, A, Y. **Mortalidade do percevejo *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera:Pentatomidae) provocada por extratos de sementes de *Tephrosia* sp. (Fabaceae) e de anonáceas.** 2011. 61f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

MINUSSI LC, ALVES-DOS-SANTOS I. (2007) Abelhas nativas versus *Apis mellifera* Linnaeus, espécie exótica (Hymenoptera, Apidae). **Bioscience Journal**, Uberlândia, 23: 58-62.

MORALES C. A.; GONZÁLEZ, R.; ARAGÓN, R.. Evaluación de la actividad larvicida de extractos polares y no polares de acetogeninas de *Annona muricata* sobre larvas de *Aedes aegypti* y *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae). **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 30, n.2, p.187-192, 2004.

MORETTO, G. et al. (1991). The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud infestations in Brazil. **Apidologie** 22, 197–203. doi: 10.1051/apido:19910303

MOSLEY, H.N. **Notes by a naturalist on the challenger.** London, Macmillan, 1879.

MOTULSKY, M. D. H. **Intuitive Biostatistics**, New York: Oxford University Press, 1995. 386.

NARAHASHI, T. et al. Glutamate-activated chloride channels: unique fipronil targets present in insects but not in mammals. **Pestic. Biochem. Physiol.** 97 (2), 149-152. (2010)

- NAVARRO-SILVA, M. A.; MARQUES, F. A.; DUQUE, J. E. L. Review of semiochemicals that mediate the oviposition of mosquitoes: a possible sustainable tool for the control and monitoring of Culicidae. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 53, n.1, p.1-6, 2009.
- NAUEN, R. et al. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: Current status and future prospects. **Arch. Insect Biochem. Physiol.** 58: 200-215, 2005.
- NETO, E.N.; LACAZ, F.A.C.; PIGNATI, W.A. Vigilância em saúde e agronegócio: os impactos dos agrotóxicos na saúde e no ambiente. Perigo à vista! **Cien Saude Colet** 2014; 19(12):4709-4718.
- OLIVEIRA, L.C. Intoxicados e silenciados: contra o que se luta? *Tempus, actas saúde colet*;; 8(2):109-132, 2014.
- OLIVEIRA, T. G.; FAVARETO, A. P. A.; ANTUNES, P. A. Agrotóxicos: Levantamento dos mais utilizados no oeste paulista e seus efeitos como desreguladores endócrinos: Saúde, Saneamento e Meio Ambiente. **IX Fórum Ambiental de Alta Paulista**, v. 9, n. 11, p. 375-390, 2013, ISSN 1980-0827.
- OLIVEIRA, M. A. et al. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 61, supl. p. 800-807, Dec. 2014
- OLLERTON, J.; Winfree, R. & Tarrant, S. "How Many Flowering Plants are Pollinated by Animals?" **Oikos**, 120(3): 321-326, 2011.
- OMENA, M. C. et al. Larvicidal activities against *Aedes aegypti* of some Brazilian medicinal plants. **Bioresource Technology**, New York, v. 98, n.13, p.2549–2556, 2007.
- ONISHI, C.A. **Vigilância em saúde dos trabalhadores e populações expostas a agrotóxicos no município de Campo Verde – MT** [dissertação]. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso; 2014.
- ORTH, A. I.; SALOMÉ, J. A. & CHELLI, F. "Manejo das Abelhas em Pomares de Macieira". In: III Enfruti, Fraiburgo. **Anais**. 2000, CD-ROM.
- PACÍFICO-DA-SILVA, I. et al. Pesticide exposure of honeybees (*Apis mellifera*) pollinating melon crops. **Apidologie**, v. 46, n. 6, p. 703–715, 2015.
- PALMA, G. et al. Production of Greenhouse Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) Using *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* and Mechanical Vibration (Hym.: Apoidea)". **Journal of Applied Entomology**, 132: 79-85, 2008.
- PAN-UK. **Different regulatory positions on neonicotinoids across Europe**. Disponível em: <http://bees.pan-uk.org/assets/downloads/Bee_factsheet4.pdf>. Acessado em: 25 de fev. de 2022.

PEIXOTO, M. G. et al. Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects. **Industrial Crops & Products**, v. 71, p. 31–36, 2015.

PETRI, J. L. “Formação de Flores, Polinização e Fertilização”. In: Epagri (Ed.). **Manual da Cultura da Macieira**. Florianópolis, Epagri, 2002, pp. 229-260.

PIERRE, J. et al. “Efficiency of Airborne Pollen Released by Honeybee Foraging on Pollination in Oilseed Rape: a Wind Insect-assisted Pollination”. **Apidologie**, 41(1): 109-115, 2009.

PIGNATI, W.A.; MACHADO, J.M.H.; O agronegócio e seus impactos na saúde dos trabalhadores e da população do Estado de Mato Grosso. In: Gomez CM, Machado JHM, Pena PG, organizadores. **Saúde do trabalhador na sociedade brasileira contemporânea**. Rio de Janeiro: Fiocruz; 2011. p. 245-272.

PINHEIRO-MACHADO, C.; SILVEIRA, F.A. (Coordinators). Surveying and monitoring of pollinators in natural landscapes and in cultivated fields. In: FONSECA, V. L. I; SARAIVA, A. M.; JONG, D. D. **Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices**. Ribeirão Preto: Holos, 2006.

PIRES, C.S.S. et al. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.51, n.5, p.422-442, maio 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000500003.

POTTIER, A. T. S. et al. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos – PARA: Relatório das análises de amostras monitoradas no período de 2013 a 2015**. ANVISA, Brasília, 2016. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3778json-file-1>>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2022.

POTTS, S. et al. “Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers”. **Trends in Ecology & Evolution**, 25(6): 345-353, 2010.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Rev. Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149-158, 2009.

RICKETTS, T. H. et al. Economic value of tropical forest to coffee production. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, V. 101, p. 12579 -12582. 2004.

RIGOTTO, R. M. et al. Tendências de agravos crônicos à saúde associados a agrotóxicos em região de fruticultura no Ceará. Brasil. **Rev. Bras. Epidemiol**, v. 16, n. 3, p. 763-773. 2013.

RINALDI, M. V. N. **Avaliação da atividade antibacteriana e citotóxica dos alcaloides isoquinolínicos de *Annona Hypoglauca* Mart. 2007**. 125f. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Fármacos e medicamentos) – Universidade de São Paulo, 2007.

ROAT, T. C. et al. Modification of the brain proteome of Africanized honeybees (*Apis mellifera*) exposed to a sub-lethal doses of the insecticide fipronil. **Ecotoxicology**, 23, 1659-1670 (2014).

RODRIGUES, C. M. S. C. **Estudo fotoquímico e avaliação biológica de *Annona leptopetala* (Annonaceae)**. 235f. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Recursos Naturais – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, Pernambuco, 2016).

RUNDLÖF, M. et al. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. **Nature** 521, 77-80 (2015).

SAMSON-ROBERT, O. et al. Increased Acetylcholinesterase Expression in Bumble Bees During Neonicotinoid-Coated Corn Sowing. **Sci. Rep.** 5, 12636 (2015).

SCHMUCK, R.; et al. Risk posed to honeybees (*Apis mellifera* L., Hymenoptera) by an imidacloprid seed dressing of sunflowers. **Pest Management Science**, v.57, p.225-238, 2001.

SCHNEIDER, C.W. et al. Tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behavior of *Apis mellifera*. **PloS One**, v.7, e30023, 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0030023.

SILVA, S. J. R. Entomofauna de Roraima. In: BARBOSA, R. I; XAUD, H. A. M.; COSTA E SOUZA, J. M. Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade, e Potencialidades Agrossilvipastoris. **FEMACT**, Boa Vista, p.139-153, 2005.

SILVA, S. R. G. et al. Defeitos congênitos e exposição a agrotóxicos no Vale do São Francisco. **Rev. Bras. Ginecol. Obstet.**, v. 33, n. 1, p. 20-26, 2011.

SILVEIRA, F.A., MELO, G.A.R., ALMEIDA, E.A.B., Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. **Fundação Araucária**: Belo Horizonte. 2002.

SKERL, M.I.S.; GREGORC, A. Heat shock proteins and cell death in situ localization in hypopharyngeal glands of honeybee (*Apis mellifera carnica*) workers after imidacloprid or coumaphos treatment. **Apidologie**, v.41, n.1, p.73-86, 2010.

SMITHA, G. R.; RANA, V. S. Variations in essential oil yield, geraniol and geranyl acetate contents in palmarosa (*Cymbopogon martinii*, Roxb. Wats. var. motia) influenced by inflorescence development. **Industrial Crops & Products**, v. 66, p. 150–160, 2015.

SOUZA, R. M. **Polinização do Meloeiro (*Cucumis melo* L.) por Abelhas Melíferas (*Apis mellifera* L.): Requerimentos da Cultura e Manejo das Colônias**. Tese (Doutorado) – Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2003.

STEFFAN-DEWENTER, I. Bee Diversity and Plant-Pollinator Interactions in Fragmented Landscapes. In: WASSER, N.M.; OLLERTON, J. **Plant-Pollinator**. p.87-407, 2006.

SUCHAIL, S.; GUEZ, D.; BELZUNCES, L.P. Toxicity of imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. **Colloques de l'INRA**, v.98, 121-126, 2001.

TONGNUANCHAN, P.; BENJAKUL, S. Essential oils: Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 7, p. 1231–1249, 2014.

TOOGE, R. **Quem criou o termo 'agrotóxico' e por que não 'pesticida' ou 'defensivo agrícola'**. G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/10/07/quem-criou-o-termo-agrotoxico-e-por-que-nao-pesticida-ou-defensivo-agricola.ghtml>> Acesso em: 01 de mar. de 2022.

TRAYNOR, K. S. et al. In-hive pesticide exposome: assessing risks to migratory honey bees from in-hive pesticide contamination in the Eastern United States. **Sci. Rep.** 6, 33207 (2016).

VAISSIÈRE, B. E.; Freitas, B. M. & Gemmill-Herren, B. **Protocol to Detect and Assess Pollination Deficits in Crops**. Rome, Food and Agriculture Organization, 2009.

vanENGELSDORP, D. et al. Colony collapse disorder: a descriptive study. **Plos One**, v.4, e6481. DOI: 10.1371/ journal.pone.0006481, 2009.

vanENGELSDORP, D. et al. “A Survey of Honey Bee Colony Losses in the United States, Fall 2008 to Spring 2009”. **Journal of Apicultural Research**, 49: 7-14, 2010.

VAN DER PIJL, L. Fledermause und blumen [bats and flowers]. *Flora, Oder Allgemeine botanische Zeitung Neue Folge*. German, 1936.

VEGA, M. R. et al. Flavonoids from *Annona dioica* leaves and their effects in Ehrlich carcinoma cells, DNA-topoisomerase I and II. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.18, n.9, p.1554-1559, 2007.

VEIGA, Marcelo Motta. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 145-152, 2007.

VEZETEU, T. V. et al. Food to some, poison to others - honeybee royal jelly and its growth inhibiting effect on European Foulbrood bacteria. **Microbiologyopen** 6, e00397 (2017).

VIEGAS-JUNIOR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n.3, p.390-400, 2003.

WANG, X. et al. Molecular imprinted photonic crystal hydrogels for the rapid and label-free detection of imidacloprid. **Food Chem.** 141, 3947-53 (2013).

WARE, G. W. **The Pesticide Book**. 5. ed. Fresno: Thomson Publications, 2000. 69 p.

WHITEHORN, P.R. et al. Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. **Science**, v.336, p.351-352, 2012. DOI: 10.1126/science.1215025.

XAVIER, V. M. et al. Acute toxicity and sublethal effects of botanical insecticides to honey bees. **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, p. 1–6, 2015.

YUE, B.; WILDE, G. E. & ARTHUR, F. Evaluation of thiamethoxam and imidacloprid as seed treatments to control European corn borer and Indianmeal moth (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. **J. Econ. Entomol.** 96, 503-9 (2003).

ZAFRA-POLO, M. C. et al. Acetogenins from Annonaceae, inhibitor of mitochondrial complex I. **Phytochemistry**, Oxford, v.42, p.253-271, 1996.

ZALUSKI, R. **Efeito do inseticida fipronil em abelhas africanizadas e na expressão de gene relacionado ao sistema imunológico: toxicidade do inseticida fipronil para abelhas.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Botucatu, 2014.

ZALUSKI, R. et al. Fipronil promotes motor and behavioral changes in honey bees (*Apis mellifera*) and affects the development of colonies exposed to sublethal doses. **Environ. Toxicol. Chem.** 34, 1062-1069 (2015).

ZALUSKI, R. **Efeito de dose subletal de fipronil e piraclostrobina, isoladas ou associação, na morfologia de glândulas e proteoma da cabeça de abelhas *Apis mellifera* L.** Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2017.