

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO
PAULO

CÂMPUS BIRIGUI

**RELAÇÃO ENTRE O USO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E O
DESAPARECIMENTO DE ABELHAS NO BRASIL**

ALUNA: DANIELLY LUIZA DE CASTRO SOUZA
ORIENTADORA: HELOÍSA BRESSAN GONÇALVES.
COORIENTADORA: NATÁLIA ELLEN CASTILHO DE ALMEIDA.

NOVEMBRO/2021

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO
PAULO

DANIELLY LUIZA DE CASTRO SOUZA

RELAÇÃO ENTRE O USO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E O
DESAPARECIMENTO DE ABELHAS NO BRASIL

Projeto de pesquisa realizado de Maio/2021 a
Novembro/2021, para 1ª edição da Feira Paulista
de Ciência e Tecnologia, organizada pelo Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São
Paulo, câmpus Bragança Paulista.

Orientadora: Heloísa Bressan Gonçalves.

Coorientadora: Natália Hellen Castilho.

BIRIGUI

2021

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de alguns ingredientes ativos comercializados no ano de 2019.....	17
Tabela 2 – Vendas de agrotóxicos e afins por classe de periculosidade ambiental do IBAMA (ano de 2019).....	18
Tabela 3 – Atividade de inibição do crescimento dos fungos através de extratos de <i>Mimosa pudica</i>	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da reprodução das abelhas e diferenciação de castas.....	13
Figura 2 – Classificação Ambiental (IBAMA) dos agrotóxicos e afins aprovados nos anos de 2019 e 2020.....	16
Figura 3 – Registro de pesticidas aprovados no Brasil entre os anos de 2010 e 2021.....	20
Figura 4 – Representação das fórmulas estruturais dos neonicotinoides.....	22
Figura 5 – Representação da fórmula estrutural do Fipronil.....	23

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.1 Objetivos específicos	10
3. METODOLOGIA	11
4. RESULTADOS	12
4.1 ABELHAS	12
4.2 AGROTÓXICOS NO BRASIL	14
4.3 AGROTÓXICOS E COLAPSO DESORDENADO DE COLÔNIAS DE ABELHAS	18
4.3.1 Neonicotinoides	21
4.3.2 Fipronil	22
4.4 PESTICIDAS BIOLÓGICOS E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL	25
5. CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	29

RESUMO

Os polinizadores, em especial as abelhas, possuem um papel fundamental para a preservação do meio ambiente e desenvolvimento humano. Esses animais proporcionam a troca de gametas entre flores favorecendo a frutificação de vegetais. No entanto, o uso indiscriminado de defensivos agrícolas, cada vez mais empregados na agricultura intensiva e extensiva, apesar de favorecerem a produção, contribuem para malefícios ao meio ambiente, a saúde humana. Esses produtos têm o objetivo de repelir ou eliminar agentes patogênicos, e incluem inseticidas, fungicidas, reguladores de crescimento, desfolhantes, dissecantes, dentre outros. O objetivo deste trabalho é analisar os agrotóxicos, principalmente os inseticidas implementados nas últimas décadas, relacionando a efetividade, capacidade de ação e toxicidade, além de analisar como estes agem sobre populações de abelhas. Para isso, serão analisados defensivos agrícolas com reconhecida ação negativa sobre as abelhas considerando-se as classificações toxicológicas e de periculosidade ambiental, o modo de utilização, a quantidade e concentrações em que são empregados. Os inseticidas Neonicotinoides foram descritos como um dos defensivos agrícolas com maior responsabilidade no colapso desordenado das colônias de abelhas, no Brasil e no mundo causando a hiperexcitação neurológica destas. Sabe-se que desde 2000, defensivos biológicos de reduzida toxicidade têm sido empregados no Brasil. No entanto, a via é árdua, quando se comparam registros dos últimos 11 anos. No ano 2020, o ano com maior registro de biopesticidas no Brasil, foram contabilizados 95 contra 226 do produto convencional. Espera-se com os resultados deste trabalho, complementar o conhecimento entre o uso agrotóxicos com o declínio de população de abelhas, atentando-se aos impactos a humanidade e ao meio ambiente, e buscar alternativas que estimulem o uso de biopesticidas para atingir “Fome Zero e Agricultura Sustentável”, diretrizes dos 17 ODS da Agenda 2030 da ONU.

PALAVRAS-CHAVE: agrotóxicos; biopesticidas; polinização; meio ambiente.

ABSTRACT

Pollinators, especially bees, play a fundamental role in the preservation of the environment and human development. These animals provide the exchange of gametes between flowers, favoring the fruiting of vegetables. However, the indiscriminate use of pesticides, increasingly used in intensive and extensive agriculture, despite favoring production, contribute to harm to the environment, human health and has possibly caused the disorderly collapse of bee colonies, recurrent in the Brazil. These products are intended to repel or eliminate pathogens, and include insecticides, fungicides, growth regulators, defoliants, desiccants, among others. Considering that Brazil is one of the countries that most use toxic products in their crops and that the use of Biological, Microbiological and Biochemical formulas (biopesticides) has been slowly regulated and implemented, the objective of this work is to compare pesticides, especially insecticides, with the biopestids implemented in the last decades, relating their effectiveness, action capacity and toxicity, in addition to analyzing how they act on bee populations. For this, agricultural pesticides with recognized negative action on bees and biological pesticides will be analyzed considering the toxicological and environmental hazard classifications, the mode of use, the amount and concentrations in which they are used. It is known that since 2000, biological defensives with reduced toxicity have been used in Brazil. However, the path is arduous when comparing records from the year 2020, for example, 95 against 226 for the conventional product. The results of this work are expected to complement the knowledge between the use of pesticides and the decline in the population of bees, paying attention to the impacts on humanity and the environment, and to seek alternatives that encourage the use of biopesticides to achieve "Zero Hunger and Sustainable Agriculture", guidelines of the 17 SDGs of the UN 2030 Agenda.

KEYWORDS: pesticides; biopesticides; pollination; environment.

1. INTRODUÇÃO

A polinização das plantas pode ocorrer sem a ajuda de polinizadores, por meio de agentes abióticos como o vento e a água, porém, a maior parte das espécies vegetais necessitam dos polinizadores para frutificarem adequadamente. Nessa relação mutualística e de coevolução, a planta produz diversos recursos florais de interesse aos polinizadores, por exemplo, alimentos (néctar, óleos e pólen), materiais para estruturação de abrigos (resinas) e fragrâncias para acasalamento, podendo também se modificar para ficar com a aparência de parceiros sexuais. Enquanto isso, os polinizadores, ao carregar o pólen da planta, distribuem seus gametas masculinos, assegurando a reprodução por anfipatia, a chamada fecundação cruzada (RECH *et al.*, 2014).

Dentro da diversidade de polinizadores, as abelhas, insetos da ordem Hymenoptera, desempenham funções muito importantes para o desenvolvimento do ser humano e de outras espécies de seres vivos (KEVAN, 1999). No planeta Terra, há cerca de 25.000 espécies de abelhas registradas, e aproximadamente 86% das plantas que fornecem algum recurso ao ser humano dependem da polinização feita por alguma dessas espécies. Dessa forma, associados a reprodução das plantas, esses insetos estão relacionados à produção de alimentos e manutenção das florestas, além de auxiliar indiretamente todos os processos realizados por tais ecossistemas, como o sequestro de carbono, redução da erosão do solo, sustento de habitats, entre outros (RASBZ, 2006).

Das espécies de abelhas presentes no Brasil, a principal na polinização é a *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae), conhecida popularmente como abelha africanizada, uma espécie exótica que se adaptou ao ambiente brasileiro (NADIA; MACHADO; LOPES, 2007). Elas têm um papel importante no cultivo de diferentes alimentos, como o café, laranja, tomate, acerola, abacate, manga, carambola, morango, pepino e pimentão.

Também devem ser mencionadas, as espécies de abelhas sem ferrão que apresentam funções na apicultura e produção de mel. No Brasil, o setor apicultor é gerador de renda para muitos cidadãos, contando com mais de 300 mil apicultores e cerca de 100 unidades de processamento de mel. A apicultura gera aproximadamente 500 mil vagas, temporárias ou permanentes (BACAXIXI *et al.*, 2011).

Além da importância já citada, as abelhas são organismos que servem de objeto para diversas pesquisas científicas, sendo muito bem estudadas no Brasil (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002). Apesar de serem essenciais, a população de abelhas nativas vem apresentando um decréscimo, principalmente nas últimas décadas, e esse fenômeno

está associado a atividades antrópicas. Gradualmente, a morte em massa ou desaparecimentos, também chamados de Colapso Desordenado de Colônias, do inglês Colony Collapse Disorder (CCD), mostra-se cada vez mais, uma realidade na população mundial das abelhas (CASTILHOS, 2018).

Diante disso, um estudo sobre o desaparecimento e morte em massa das abelhas é indispensável no contexto atual, analisando as principais substâncias no Brasil que colaboram com esse evento. Além disso, apresentar as causas desse fenômeno, o impacto das atividades dos seres humanos, principalmente, relacionado ao uso de agrotóxicos e quais as consequências disso para o meio ambiente e sociedade faz com que a comunidade possa repensar hábitos, consumos e necessidades.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar quais são os principais agrotóxicos utilizados no Brasil, convencionais e biológicos, seus impactos sobre a população de abelhas, a forma que estes agem no organismo desses polinizadores e quais consequências da crescente morte deles para os ecossistemas locais e no desenvolvimento da sociedade.

2.1 Objetivos específicos

- Verificar quais são os agrotóxicos legalizados e mais utilizados na agricultura no país;
- Analisar especificamente a taxa de utilização de agrotóxicos a base de nicotina na produção agrícola;
- Observar os efeitos causados por inseticidas nas abelhas, utilizando de dados coletados por outras pesquisas científicas;
- Analisar a importância de tais polinizadores para o desenvolvimento sustentável e conservação de ecossistemas brasileiros, bem como os impactos que sua extinção provocaria;
- Investigar sobre a utilização de biopesticidas na formação de uma agricultura sustentável.

3. METODOLOGIA

Para fundamentar este trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica em materiais já produzidos sobre o assunto central e sobre os assuntos periféricos, utilizando assim de documentos de fontes primárias e secundárias, tais como livros digitais, artigos, teses, dissertações, anais de eventos, além de filmes documentais que porventura tratem sobre as palavras-chaves: abelhas, agrotóxicos, biopesticidas, colapso de colônias de abelhas, agricultura sustentável.

Em primeiro lugar, com objetivo de acumular um material sobre o tema, foi elaborado tópicos a serem pesquisados para contextualização do trabalho, tais quais : taxonomia das abelhas e sua organização social ; cenário dos agrotóxicos no país ; processo de polinização ; dentre outros. Nesse sentido, novos assuntos foram introduzidos na pesquisa, como o uso de biopesticidas na agricultura sustentável como forma de mitigar a mortandade das abelhas.

Posteriormente, foram analisados alguns casos de desaparecimentos de colônias de abelhas, bem como sua relação com o uso de certos agrotóxicos na região, em especial, os neonicotinoides e o Fipronil. Também foram analisados documentos oficiais publicados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sobre consumo, produção e autorização de utilização desses defensivos agrícolas, as Classificações Toxicológicas, segundo a ANVISA e Classificações de Periculosidade Ambiental, segundo o IBAMA.

Além disso, a partir dos resultados, investigou-se os impactos que uma extinção das abelhas causaria no mundo e alguns meios de evitar que esse processo ocorra efetivamente, baseando-se também nos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU.

4. RESULTADOS

De acordo com o proposto, os resultados serão apresentados em 4 categorias: 1. informações gerais acerca das abelhas; 2. Agrotóxicos: pesticidas convencionais e de baixo risco biológico; 3. Relação entre utilização de agrotóxicos e colapso desordenado de colônias de abelhas; 4. Biopesticidas e agricultura sustentável.

4.1 ABELHAS

Ainda que seja um fato pouco conhecido pelo senso comum, o Brasil, devido a sua extensão territorial e grande biodiversidade, é um país que abriga centenas de espécies diferentes de abelhas. Há mais de 20 mil espécies de tal inseto no mundo, estima-se que $\frac{1}{4}$ delas podem ser encontradas no Brasil (NOGUEIRA-NETO, 1997).

Na classificação taxonômica, as abelhas se encontram no reino Animalia, incluídas no filo Arthropoda, categoria que abrange os artrópodes, dentre eles os insetos. Ademais, as abelhas estão inseridas na classe Insecta e ordem dos Himenópteros, palavra de origem grega que, segmentada, *hymem* significa membrana e *pteron* se refere à asa, portanto, é o agrupamento dos insetos com asas membranosas, envolvendo assim as abelhas, vespas e formigas (NOGUEIRA-NETO, 1997).

As abelhas apresentam graus de socialização diversos, podendo manifestar-se das seguintes formas: solitárias, que vivem de forma isolada no ninho; graus intermediários, como as parassociais, que são abelhas que vivem em comunidade, sem necessariamente uma divisão de tarefas e domínio da rainha; e eussociais, que possuem um nível de organização social complexo, sendo o tipo mais conhecido popularmente, pela característica marcante da vivência em colmeias e divisão em castas (YAMAMOTO, 2015).

A partenogênese é um tipo de reprodução assexuada, no qual o gameta feminino consegue desenvolver um indivíduo sem que haja fecundação. Conhecido por ocorrer na população de abelhas, esse processo também é utilizado por outras espécies de invertebrados, vertebrados e plantas. Nas abelhas, os ovos postos pela abelha rainha que não são fecundados pelos machos férteis dão origem aos zangões (machos), já os outros, que possuem a junção do gameta feminino e masculino, geram as fêmeas (UCELI; COSTA, 2019).

Diante disso, os zangões férteis são seres haploides (n), com genes recebidos apenas da progenitora, enquanto as fêmeas são diploides ($2n$), possuindo duas sequências de cromossomos. Ademais, podem existir machos diploides, porém estes normalmente não apresentam capacidade reprodutora (NOGUEIRA-NETO, 1997).

Na reprodução (Figura 1), a diferenciação entre operárias e rainhas se distingue pela alimentação oferecida na fase larval, as futuras operárias são nutridas por pólen e mel, já as rainhas recebem a geleia real. Esse fato é o que diferencia a rainha das demais, já que, analisando geneticamente, a abelha rainha e as operárias são iguais, contudo, devido a alimentação, a abelha rainha além de crescer mais, ficando o dobro de tamanho, ela vive por mais tempo. Enquanto as operárias têm um ciclo de vida de até 6 meses, a abelha rainha vive entre de 3 a 6 anos (RAMOS; CARVALHO, 2007).

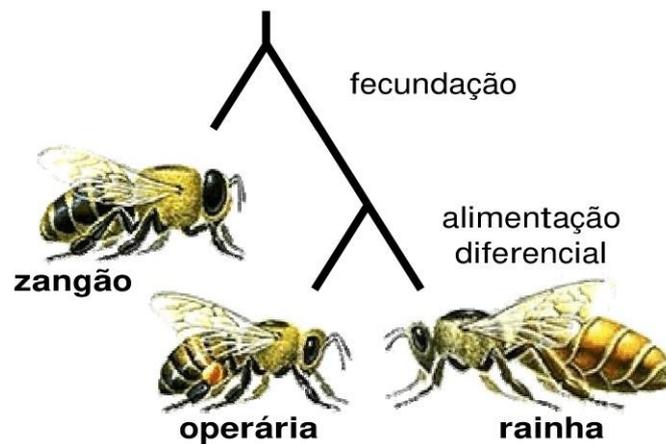


Figura 1. Esquema da reprodução das abelhas e diferenciação de castas. Fonte: Neto (2008)

As colmeias e suas células hexagonais são o local característico onde as abelhas eussociais vivem, além de terem a função de abrigo e proteção, elas servem para armazenar o mel e outras substâncias produzidas pelas abelhas. Assim, dentro dessas colônias existe uma divisão de 3 castas bem definidas entre os indivíduos, cada qual com suas tarefas, sendo elas: a rainha, os zangões e as operárias (MELO, 2014).

A sustentação da colmeia é feita da cera produzida pelas próprias abelhas, sua forma é esquematizada de forma que se utilize pouco material, mas adquira a melhor utilização do espaço possível, possuindo ainda uma leve inclinação para que o mel não caia. Dessa forma, como se a matemática fosse inerente da natureza, esses insetos

conseguem um ambiente perfeito tanto para armazenar o mel, quanto para usar de moradia (MELO, 2014).

De acordo com o trabalho de Nogueira Neto (1997) e o de Ramos e Carvalho (2007), que abordam sobre as abelhas indígenas sem ferrão e a *Apis Mellifera*, respectivamente, dentre outras pesquisas relacionadas às colmeias, pode-se notar que algumas características podem mudar conforme as espécies em questão. Assim, a construção das células ou a divisão rigorosa das funcionalidades, por exemplo, pode variar.

Dessa forma, as abelhas se dividem em diferentes famílias e subfamílias, cada qual com características sociais, alimentícias e comportamentais distintas. Além de serem importantes na manutenção da agricultura e ecossistemas, as abelhas são organismos que servem de objeto para diversas pesquisas científicas, sendo muito bem estudadas no Brasil (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

4.2 AGROTÓXICOS NO BRASIL

Agrotóxicos, de maneira geral, são substâncias químicas com objetivo de repelir ou eliminar agentes patogênicos, utilizados principalmente na agropecuária, para amplificar a produção de alimentos. Segundo o Art. 2, da Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (BRASIL, 1989), conhecida como Lei dos Agrotóxicos, consideram-se agrotóxicos:

Os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos.

Dessa forma, estão incluídos inseticidas, fumigantes, fungicidas, algicidas, reguladores de crescimento, desfolhantes, dissecentes, bem como outros produtos contra ácaros, aves, moluscos e nematoides (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012). Utilizados em florestas primárias ou cultivadas, bem como em ambientes aquáticos, urbanos e industriais (PERES; MOREIRA; DUBOIS, 2003). Contudo, ainda que não citado na definição, agrotóxicos são substâncias que proporcionam danos ao solo, ar, água, animais, incluindo o ser humano, e plantas. Alguns deles, em especial o Fipronil e neonicotinoides

(inseticidas a base de nicotina), apresentam efeitos nocivos às abelhas, agindo justamente em seu sistema nervoso central.

No Brasil, o manuseio de inseticidas na agricultura iniciou-se por volta da década de 60, estando integrado ao conjunto de tecnologias que visavam a modernização da agricultura (CAMPANHOLA *et al.*, 2003). Com a grande expansão do setor agrícola, o uso de agrotóxicos também cresceu, porém de forma bastante desigual. Durante o período de 1960 a 1998, aproximadamente 40 anos, o território de cultivo aumentou 78%, enquanto o consumo de tais produtos teve um aumento de 700% (SPADOTTO *et al.*, 2004).

Com um controle determinado por leis e normas, a regulação dos agrotóxicos é feita a fim de garantir a proteção e qualidade nos âmbitos da agricultura, saúde e meio ambiente. No Brasil, a regulação dos defensivos agrícolas é uma competência dos Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Saúde (MS) e do Meio Ambiente (MMA) (BRASIL, 2002). Ademais, dentro do MMA o agente responsável por tal atividade é o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), enquanto no Ministério da Saúde, isso é feito pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária).

Ao examinar os dados de agrotóxicos registrados nos últimos anos, é notório que os defensivos a base de ingredientes mais nocivos ao meio ambiente prevalecem, bem como se mostram mais comercializados (Figura 2). Em 2019 e 2020, por exemplo, o tipo de pesticidas mais aprovados foram de classificação II (Produto muito perigoso ao meio ambiente) (MAPA, 2021).

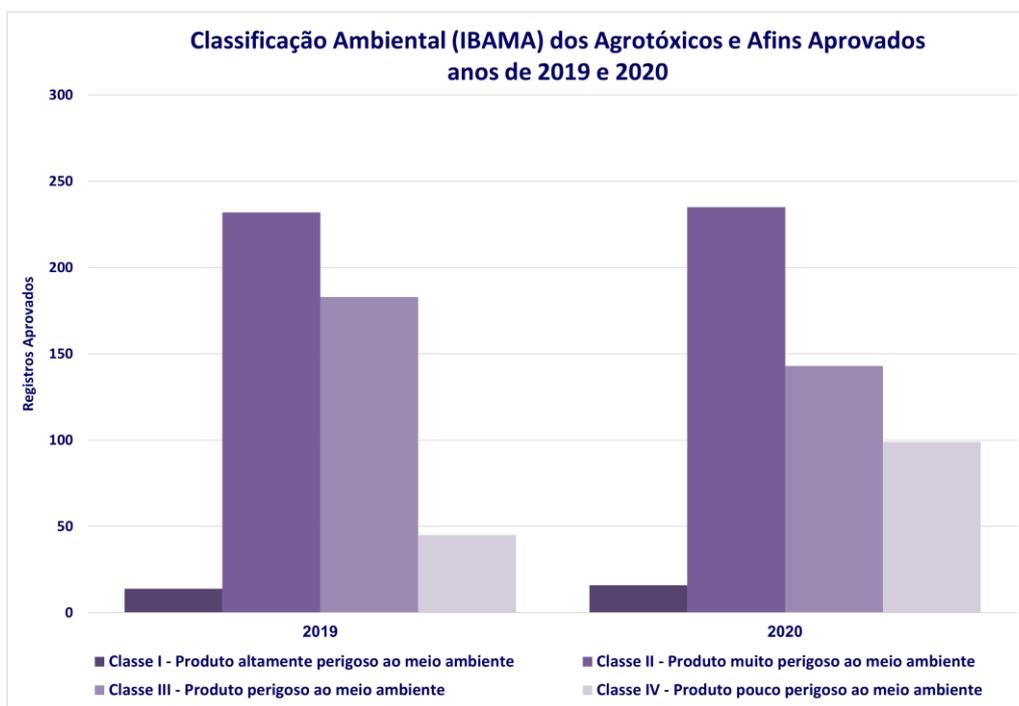


Figura 2. Classificação Ambiental (IBAMA) dos agrotóxicos e afins aprovados nos anos de 2019 e 2020. (Dados: MAPA, 2021).

Segundo o IBAMA (2020), os ingredientes ativos: Glifosato; 2,4-D; Mancozebe; Acefato; Atrazina; Clorotalonil; Dicloreto de Paraquate; Malationa; Enxofre e Corpirifós; apresentados na tabela 1 são os ingredientes ativos dos defensivos agrícolas mais vendidos no ano de 2019. Ademais, a comercialização interna de agrotóxicos nesse ano foi maior do que o comum, devido ao aumento da atuação da agropecuária no Brasil durante o período.

Dentre os ingredientes ativos da tabela 1, o Acefato, a atrazina e o Dicloreto de Paraquate já são proibidos na União Europeia. Além disso, o Dicloreto de Paraquate, chamado comumente apenas de Paraquate, foi banido do Brasil pela ANVISA, por meio da Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 177, de 21 de setembro de 2017, em detrimento ao alto nível de toxicidade da substância e sua relação com a Doença de Parkinson (BRASIL, 2017). A publicação definia proibição total do produto em 22 de setembro de 2020 (após 3 anos), todavia, o prazo foi prorrogado, permitindo o uso do estoque remanescente até no máximo 31 de julho de 2021 (ANVISA, 2020).

Tabela 1. Dados de alguns ingredientes ativos comercializados no ano de 2019 (IBAMA, 2020).

Ingrediente ativo	Classificação	Utilização	Quantidade vendida (toneladas)
Glifosato e seus sais	Herbicida	Lavouras de soja e milho	217.592,24
2,4-D (2,4 diclorofenoxiacético)	Herbicida	Plantações de trigo, arroz, milho, sorgo e cana de açúcar	52.426,92
Mancozebe	Fungicida	Cultivo de soja, hortaliças e outros grãos	49.162,59
Acefato	Inseticida	Lavouras de algodão, feijão, soja e tomate	28.432,50
Atrazina	Herbicida	Culturas de cana-de-açúcar, milho e sorgo	23.429,38
Clorotalonil	Fungicida	Culturas de batata, feijão, soja e tomate	16.653,05
Dicloreto de Paraquate (Paraquate)	Herbicida e dessecante	Plantações de cana-de-açúcar, frutas, soja e outros grãos	16.398,14
Malationa	Inseticida e acaricida	Lavouras de feijão, hortaliças e uso urbano como veneno ao mosquito <i>Aedes aegypti</i>	13.576,47
Enxofre	Acaricida e fungicida	Plantações de grãos, algodão, legumes, frutas, eucaliptos e flores.	11.882,33
Clorpirifós	Inseticida	Culturas de algodão, batata, café, cevada, citros, feijão, maçã, milho, pastagens, soja, sorgo, tomate e trigo	10.827,78
Fipronil	Inseticida	Algodão, arroz, arroz irrigado, feijão, milho, soja, trigo e pastagem batata, cana-de-açúcar e eucalipto	1.934,73

Diante disso, é nítido que nem todos os agrotóxicos registrados e vendidos para uso são isentos de perigos ao meio ambiente ou ao ser humano, muitos ingredientes ativos ainda são foco de pesquisa para comprovar sua eficiência e impactos. Apesar de terem sido aprovados pela ANVISA ou IBAMA, a legalidade de tais substâncias continua sujeita a mudanças de acordo com novas investigações.

Ainda relacionado aos dados de 2019, mostrados na Tabela 2, foi analisado que 59,30% dos agrotóxicos vendidos são classificados como produto perigoso ao meio ambiente (classe III), segundo a avaliação do IBAMA, seguido pelos produtos de classe II (produto muito perigoso ao meio ambiente), que representam 36,67% (IBAMA, 2021).

Tabela 2. Vendas de agrotóxicos e afins por classe de periculosidade ambiental do IBAMA, ano de 2019 (IBAMA, 2020).

Periculosidade ambiental	Descrição	Quantidade vendida (toneladas)	Valor percentual
Classe I	Produto altamente perigoso ao meio ambiente	10.091,92	1,63%
Classe II	Produto muito perigoso ao meio ambiente	227.576,89	36,67%
Classe III	Produto perigoso ao meio ambiente	367.978,88	59,30%
Classe IV	Produto pouco perigoso ao meio ambiente	14.890,28	2,40%

4.3 AGROTÓXICOS E COLAPSO DESORDENADO DE COLÔNIAS DE ABELHAS

Enquanto o primeiro ancestral do *Homo Sapiens* surgiu a cerca de 300 mil de anos atrás, acredita-se que as primeiras abelhas apareceram na Terra entre 76 e 146 milhões de anos atrás, durante o período Cretáceo, juntamente ao desenvolvimento das flores (SILVA; TORRE; MATOS, 2021). Essenciais para o equilíbrio dos ecossistemas, em uma reunião do Royal Geographical Society of London, em 2019, esses polinizadores foram declarados sendo os animais mais importantes do mundo, segundo a fundação Earthwatch Institute (AZEVEDO; NOCELLI, 2020).

Os primeiros casos de desaparecimento de abelhas no continente americano foram registrados no ano de 2006, nos Estados Unidos, contudo eles já tinham sido evidenciados em países europeus uma década antes. Já em 2010, pesquisas norte-americanas relacionavam o fenômeno com o manuseio de pesticidas, em uma análise utilizando o método QuEChERS, para identificação de resíduos de agrotóxico, encontrou-se que, dentre 887 amostras de abelhas e materiais relacionados, como cera, pólen e colmeias, foram detectados pesticidas e metabólicos distintos em 121, além disso, de 259 amostras de ceras 155 tinham vestígios de algum pesticida sistêmico (MULLIN *et al.*, 2010).

Segundo dados divulgados em uma conferência desenvolvida pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (Crea-PR) e pela Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (Adapar), ao longo dos meses de janeiro e maio de 2021, pesquisas no Rio Grande do Sul garantem que 77% das amostras de colmeias que apresentaram mortes de abelhas no estado continham o Fipronil em sua composição, um ingrediente ativo utilizado em defensivos agrícolas. Ademais, 69% dessas amostragens contavam com a presença de outros ingredientes ativos, retratando a mortalidade como uma provável consequência da intoxicação por agrotóxicos (PINTO, 2021).

O número de pesticidas aprovados no Brasil cresce a cada ano, e o uso excessivo ou inadequado é uma questão preocupante. Segundo Moraes (2019), as regras vigentes para aprovar o uso desses produtos no país não são implementadas de forma politicamente neutra, sendo assim, é o resultado da influência de grupos sociais que tem interesse na área. Ao analisar os registros de novos defensivos agrícolas regulamentados entre 2010 e 2020 (Figura 3), é possível verificar um aumento crescente. Os dados de 2021, referem-se apenas ao primeiro semestre (MAPA, 2021).

No entanto, sabe-se que desde 2000, defensivos biológicos de reduzida toxicidade têm sido empregados no Brasil, sendo regulamentados desde a publicação da previsão legal disposta no Decreto nº 6913, de 23 de julho de 2009 (BRASIL, 2009). No entanto, a via é árdua, quando se comparam registros de 2020, mesmo sendo um ano recorde no registro de biopesticidas sustentáveis, por exemplo, ainda continua sendo inferior ao registro de produtos convencionais sendo de 95 contra 226, respectivamente (Figura1).

Dentre as substâncias contabilizadas na Figura 3 temos nove categoria de substâncias, sendo elas: produto técnico; produto formulado; produto formulado a base de ingrediente ativo novo; produto técnico a base de ingrediente ativo novo; produto para a agricultura orgânica (formulados biológicos, microbiológicos, bioquímicos, extrato vegetal, regulador de crescimento ou semioquímico); produto de baixo risco (formulados

biológicos, microbiológicos, bioquímicos, extrato vegetal, regulador de crescimento ou semioquímico); pré-mistura; produto formulado com base em produto técnico equivalente; produto técnico equivalente. Quanto a classificação toxicológica, realizada pela ANVISA, e a classificação ambiental, elaborada pelo IBAMA, dos defensivos agrícolas registrados, nota-se a evidente a disparidade entre os químicos formulados e os pesticidas biológicos, o primeiro frequentemente com alto grau de periculosidade para a saúde humana e natureza, enquanto o segundo apresenta todos classificados como de baixo risco (MAPA, 2021).

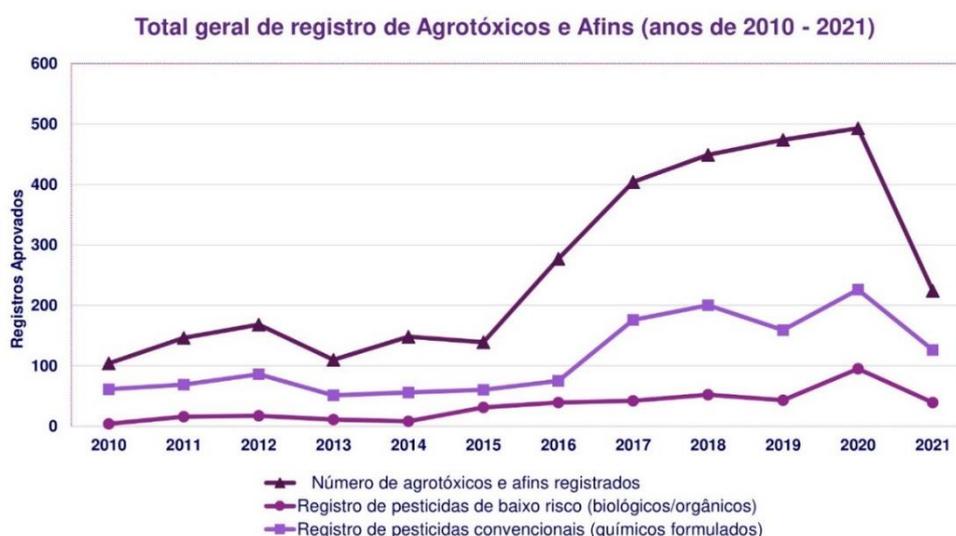


Figura 3. Registro de pesticidas aprovados no Brasil entre os anos de 2010 e 2021. (Dados: MAPA, 2021).

Em pesquisas internacionais e brasileiras, o foco se mantém em inseticidas do tipo dos neonicotinoides que, no organismo das abelhas, agem em seu sistema nervoso central, estando associados a mudanças comportamentais, cognitivas e fisiológicas. Além disso, pelo uso intensivo no Brasil, esses agrotóxicos têm causado a contaminação das regiões em que são aplicados, chegando inclusive a atingir os corpos hídricos locais. Outros defensivos vêm igualmente causando discussões relacionadas à saúde, impactos em elementos bióticos e abióticos do meio ambiente, o Fipronil, por exemplo, também é estudado no meio científico sobre seu impacto nas colônias de melíferos (QUEIROZ; SILVA, 2021).

4.3.1 Neonicotinoides

Neonicotinoide é uma categoria de compostos sintéticos, utilizado nas plantações agrícolas de variados alimentos para eliminar especialmente insetos. A nicotina, produto base desses agrotóxicos, é uma substância já produzida pelas plantas do tabaco, a fim de inibir predadores herbívoros (BASS; FIELD, 2018), conseqüentemente, ela está presente também em derivados do tabaco, tais como cigarros, charutos, dentre outras.

Com uma ação sistêmica, pode-se pensar, analogamente, na atividade desses agrotóxicos no organismo da planta como os medicamentos de ação sistêmica utilizados pelas pessoas, no qual ao se tomar o remédio, ele precisa atingir a circulação sanguínea para que então, possa chegar ao seu objetivo e agir.

Atualmente, existem sete neonicotinoides que são comercializados, segundo o nome comum e nomenclatura comercial, respectivamente, são os seguintes compostos:

- Acetamiprida – Assail[®] e Intruder[®]
- Clotianidina – nome comercial Poncho[®];
- Dinotefuran – Safari[®], Starkle[™], Venom[®];
- Imidacloprida - Admire[®], Gaucho[®], Merit[®], Provado[®];
- Nitempiram – Bestguard[®];
- Tiaclopride – Calypso[®];
- Tiametoxam – Cruiser[®], Actara[®].

Sintetizados a partir na nicotina em sua forma natural, os neonicotinoides se tornaram famosos por apresentar baixa toxicidade à vertebrados e uma ação sistêmica, conseqüências das melhorias aplicadas na composição estrutural desses inseticidas ao longo do tempo (BASS; FIELD, 2018).

Contudo, tais insumos agrícolas têm baixa toxicidade apenas aos vertebrados, o que não se aplica às abelhas e outros animais invertebrados. Estudos sobre os efeitos dos neonicotinoides sobre as abelhas são feitos há alguns anos, já que estes, juntamente a mudanças climáticas e a destruição de *habitats*, possivelmente estão causando o declínio desenfreado dessa população de insetos (PIRES *et al*, 2016).

A ação dos neonicotinoides está relacionada aos receptores do neurotransmissor acetilcolina (ACh), principal substância que gera excitação no organismo dos insetos. A morte ocorre devido a uma hiperexcitação nervosa, pois, a nicotina, presente no pesticida, possui uma estrutura semelhante a acetilcolina, fazendo com que os receptores reagem a

sua presença (MEDINA, 2021). Os sete tipos desse ingrediente ativo, ditos anteriormente, possuem as seguintes fórmulas estruturais (Figura 4):

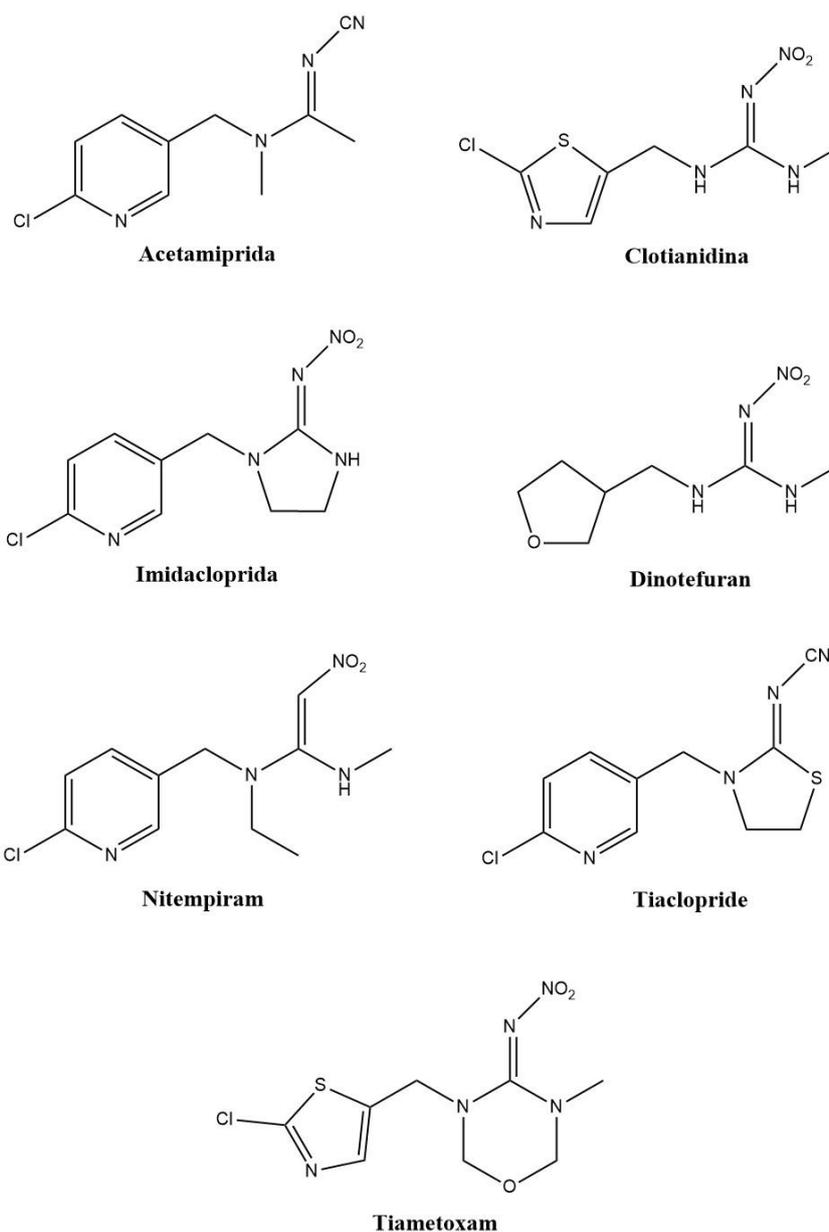


Figura 4. Representação das fórmulas estruturais dos neonicotinoides. Fonte: a própria autora.

4.3.2 Fipronil

O Fipronil é um agrotóxico que faz parte do conjunto dos Fenilpirazois, sendo amplamente utilizado de diferentes formas, em culturas como: arroz, soja, batata, eucalipto, algodão, cana-de-açúcar, milho, dentre outras. Servindo como substância para

inibir formigas, cupins e outros insetos nas lavouras, também é aplicado na medicina veterinária, contra carrapatos, pulgas e piolhos, bem como na indústria de móveis, estando bastante presente no meio urbano, além do rural (CHAGURI, 2016).

Incluído no grupo 2B (fenilpirazóis), segundo a classificação do IRAC (Bla), o Fipronil é um bloqueador dos canais de cloro regulados pelo GABA (sigla inglesa para Gamma-AminoButyric Acid, em português, ácido gama-aminobutírico), agindo no sistema nervoso central e musculatura (BASF, 2013). Sua fórmula molecular é dada por $C_{12}H_4Cl_2F_6N_4OS$, tendo como nomenclatura IUPAC (RS)-5-amino-1-(2,6-dichloro- α,α,α -trifluoro-paratolyl)-4-trifluoromethylsulfinyl-pyrazole-3-carbonitrile (IBAMA, 2019). Quanto sua estrutura, o Fipronil recebe a seguinte fórmula (Figura 5):

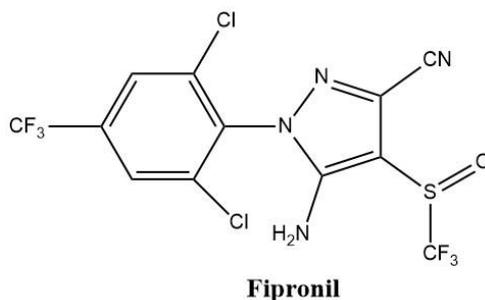


Figura 5. Representação da fórmula estrutural do Fipronil. Fonte: da própria autora.

O desenvolvimento e comercialização de fenilpirazóis teve início durante a década de 90, juntamente a constituição do mercado de neonicotinoides, durante um período do advento de novos defensivos agrícolas. O registro e aplicação do Fipronil na agricultura começou nos Estados Unidos e países Europa, pouco tempo depois, o declínio de colônias de abelhas se mostrou presente nas proximidades dos locais onde o pesticida era aplicado, e seu uso foi suspenso em alguns territórios, como a França (ZALUSKI, 2014). Ainda assim, agrotóxicos com tal ingrediente ativo são permitidos atualmente no Brasil.

O Fipronil é estudado devido ao seu risco de desregular o sistema endócrino nos mamíferos, inclusive seres humanos, e possivelmente estar relacionado a mortandade das colônias de abelhas, ao agir nos seus sistemas nervosos.

O ácido gama-aminobutírico, conhecido como GABA, é um dos principais neurotransmissores dos insetos, juntamente à acetilcolina. Ele é o mediador da entrada íons de Cl^- , atuando na membrana pós-sináptica do neurônio, sendo o agente que coíbe o estímulo nervoso. Dessa maneira, quando as abelhas entram em contato com o

fenilpirazol, este impede o funcionamento do GABA, uma vez que esta molécula não age, os íons Cl⁻ não adentram na membrana, consequentemente, há ausência do estado de repouso do sistema nervoso. Isso resulta em uma hiperexcitação, seguida de paralisia e morte do polinizador (ZALUSKI, 2014 *apud* AAJOURD *et al.*, 2003; MANRIQUE, 2009).

Tabela 3. Agrotóxicos a base de Fipronil aprovados no ano de 2019 (MAPA, 2021).

Marca comercial	Ingrediente ativo	Classificação toxicológica (ANVISA)	Classificação de periculosidade ambiental (IBAMA)
Major	Fipronil	I - Extremamente tóxico	II - Produto muito perigoso ao meio ambiente
Arrank	Acetamiprido; Fipronil	III - Medianamente tóxico	I - Produto altamente perigoso ao meio ambiente
Fipronil Técnico Simon	Fipronil	II - Altamente tóxico	II - Produto muito perigoso ao meio ambiente
Fipronil Técnico Coromandel	Fipronil	II - Altamente tóxico	II - Produto muito perigoso ao meio ambiente
Standak Duo	Acetamiprido; Fipronil	III - Medianamente tóxico	I - Produto altamente perigoso ao meio ambiente
Fipronil Técnico Ada	Fipronil	II - Altamente tóxico	II - Produto muito perigoso ao meio ambiente
Fipronil Técnico AT	Fipronil	O perfil toxicológico foi considerado equivalente ao produto técnico de referência	II - Produto muito perigoso ao meio ambiente
Fipronil Técnico Red Surcos	Fipronil	O perfil toxicológico foi considerado equivalente ao produto técnico de referência	II - Produto muito perigoso ao meio ambiente

4.4 PESTICIDAS BIOLÓGICOS E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

A busca por um desenvolvimento sustentável se tornou cada vez mais presente nas discussões da sociedade, nos mais diversos setores de sua economia, dentre eles, o agronegócio tem um enfoque pelo seu grande impacto socioambiental. Devido a pecuária e a agricultura necessitarem de diversos insumos, estas são comumente relacionadas ao desmatamento, utilização de recursos naturais, crise hídrica, além do uso de praguicidas químicos (GOMES, 2019).

No lançamento do livro “ Alimento Sustentável e Agricultura: Uma Abordagem Integrada”, em 2019, o então Diretor-Geral da FAO, José Graziano da Silva, afirma: *"Chegamos ao limite do paradigma da revolução verde [...] Não podemos continuar a produzir alimentos da mesma maneira"* (FAO, 2019). Como apresentado na fala e evidenciado em problemáticas contemporâneas, os sistemas de produção agrária do século XXI se encontram no impasse entre ter alta produtividade e sustentabilidade. Nesse cenário, a utilização do controle biológico de fitossanitários se mostrou uma possível alternativa para reduzir ou substituir o uso de agrotóxicos nas lavouras (VIERA-ARROYO *et al.*, 2020).

Quando biopesticidas são mencionados, são consideradas as categorias de produtos para a agricultura orgânica ou de baixo risco, e assim como outros agrotóxicos químicos convencionais, os biopesticidas têm finalidade de combater pragas e patologias nas lavouras, contudo, estes utilizam de defensivos naturais como ingrediente ativo ou agentes biológicos.

Um exemplo bastante difundido no Brasil é o inseticida biológico de marca comercial BI2002/17, da empresa Ballagro Agro Tecnologia LTDA, apresenta a bactéria esporulante *Bacillus thuringiensis* como ingrediente ativo, servindo para controle de lagartas, como as espécies *Spodoptera frugiperda* e *Chrysodeixis includens*. O produto é classificado como Categoria 5 (Produto Improvável de Causar Dano Agudo) pela ANVISA e classe IV (Produto Pouco Perigoso ao Meio Ambiente) pelo IBAMA (BRASIL, 2019).

Em 2020 e 2021, no decorrer da infestação de gafanhotos que atingiu países da América do Sul e, principalmente, do continente africano, a FAO fez uma parceria com os governos da África. Ao prestar auxílio países no extremo leste da África, a FAO incentivou a aplicação de pesticidas biológicos para prevenir e controlar o crescimento da população de gafanhotos, antes que alcancem um nível extremo (FAO, 2021).

Nesse caso, foram empregados defensivos a base do fungo *Metarhizium acridum* que foram pulverizados sobre os locais necessários. Contudo, quando surtos desse tipo atingem estágios de crise, a solução mais aceita ainda são os agrotóxicos químicos convencionais, por apresentarem uma ação mais rápida, impedindo mais abruptamente a reprodução exponencial do inseto (FAO, 2021).

Visto que sua formulação é feita a partir de recursos já disponibilizados pela natureza, os biopesticidas apresentam baixo risco impacto ambiental, algo nítido ao se analisar a classificação de potencial de periculosidade desses produtos. Entre 2006 e o primeiro semestre de 2021, um intervalo de 15 anos, foram aprovados os registros 416 defensivos biológicos e para agricultura orgânica, dos quais apenas um deles recebeu a classificação II (Produto muito perigoso ao meio ambiente). O formulado em questão é o registro de nº 01312, do ano de 2012, que possui o fungo *Trichoderma stromaticum* como ingrediente ativo (MAPA, 2021).

Com exceção ao praguicida referido, os demais registros do tipo recebem classificação IV (Produto pouco perigoso ao meio ambiente), além apresentarem igualmente uma baixa ou média toxicidade em sua maioria, segundo a especificação da ANVISA (MAPA, 2021).

A preservação das abelhas está diretamente ligada às propostas da Agenda 2030, da ONU (Organização das Nações Unidas). Definida em uma conferência realizada pelos Estados-membros da ONU, em Nova York, no ano de 2015, a Agenda 2030 é um plano de ação que visa erradicar a pobreza mundial, garantir a paz universal e proporcionar direitos fundamentais à vida para todos. O projeto conta com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com 169 metas que os países devem implementar até 2030 (MDS, 2016).

No plano da Agenda 2030, certos objetivos estão relacionados à diminuição e controle sustentável do uso do uso de agrotóxicos e a preservação de ecossistemas. Dentre eles estão: objetivo de número 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), em sua meta 2.1, espera-se acabar com a fome até 2030, promovendo o acesso de todas as pessoas a alimentos seguros e nutritivos, e na meta 2.4, por sua vez, é esperado que 6 seja garantido que sistemas sustentáveis de produção agrícola aumentem a produtividade, ajudando a preservar ecossistemas e melhorar gradualmente a qualidade da terra e do solo; Objetivo 12 (Consumo e Produção Alcançáveis), apresenta em sua meta 12.4 o intuito de obter o manejo adequado de produtos químicos, reduzindo sua liberação no ar, água e solo, a fim de minimizar seus efeitos negativos à saúde humana e ambiental, e na meta 12.8, a garantia

de que a população adquira conscientização sobre o desenvolvimento e estilos de vida sustentáveis; e o Objetivo 15 (Vida Terrestre), com sua meta 15.b, pretende mobilizar todos os recursos para patrocinar o manejo florestal sustentável, incluindo a conservação e o reflorestamento.

Ademais, a Assembleia Geral das Nações Unidas, um dos principais órgãos da ONU, declarou o dia 20 de maio o Dia Mundial das Abelhas, a fim de lembrar a importância dos polinizadores para o desenvolvimento sustentável. Na atualidade, as abelhas e outros animais polinizadores (mariposas, morcegos e aves) favorecem não somente a segurança alimentar, como também atuam como indicadores ambientais, já que as mudanças de seu comportamento sinalizam desequilíbrio nos ecossistemas (ONU, 2018).

A extinção desses animais é digna de preocupação, visto que esse acontecimento afetaria não somente o setor econômico da agricultura, como provavelmente resultaria na falta de alimentos para seres humanos e outras espécies de seres vivos. Seja uma ideia exagerada ou não, atribui-se a EINSTEIN (1940) o seguinte pensamento: *“Se as abelhas desaparecessem da face da terra, ao homem restariam apenas mais 4 anos de vida. Sem abelhas, não haverá polinização, não haverá plantas, nem animais, nem homens”*.

5 CONCLUSÕES

No Brasil o uso de agrotóxicos químicos, como inseticidas, é regulamentado e crescente. Além dessas substâncias afetarem a saúde humana e o meio ambiente, ainda se mostram como agentes tóxicos e contribuintes para o colapso de colônias de abelhas. A utilização de biopesticidas aparece como uma alternativa viável para a redução da morte de abelhas no Brasil e no mundo, antes que o fenômeno se torne irreversível, com a extinção desses animais.

Ademais, a manutenção e preservação de ambientes naturais desses polinizadores são ações fundamentais para reverter o cenário do declínio de abelhas, sendo papel das instituições governamentais, por meio de medidas de fiscalização e legislação ambiental, bem como da população como um todo. A transição do sistema agropecuário atual, para um modelo de agricultura sustentável, que se preocupe com a integralidade do Planeta e os seres vivos, condiz com o ideal dos 17 ODS da Agenda 2030 da ONU, proporcionando benefícios não somente aos polinizadores, mas também ao meio ambiente, à saúde dos cidadãos e à economia, uma vez que há possibilidade de investimento em um novo mercado de produtos.

REFERÊNCIAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Paraquate: regras para uso do estoque remanescente. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2020/paraquate-regras-para-uso-do-estoque-remanescente>>. Acesso em: 30 nov. 2021.

AZEVEDO, P. NOCELLI, R. C. F. Revisão da anatomia do sistema nervoso central de *Apis mellifera*: uma base teórica para estudos ecotoxicológicos. *Revista da Biologia*, v. 20, n° 1, p. 10-20, 2020.

BACAXIXI, P. *et al.* A importância da Apicultura no Brasil. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, n. 20, 6 p, 2011.

BASF – The Technical Company. Insecticide mode of action technical training manual. Salgado, Vincent. 76 p. 2013.

BASS, C; FIELD, L. M. Neonicotinoids. *Current Biology*. 28, R772–R773 p., 2018.

BRAIBANTE, M. E. F; ZAPPE, J. A. A química dos agrotóxicos. *Química nova na escola*, vol. 34, n. 1, p. 10-15, 2012.

BRASIL. Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989. *Diário Oficial da União, Poder Executivo*, Brasília, DF, 12 dez. 1989. Seção 1, p. 11459.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. *Diário Oficial da União, Poder Executivo*, Brasília, DF, 8 jan. 2002.

BRASIL. Decreto nº 6.913, de 23 de julho de 2009. *Diário Oficial da União, Poder Executivo*, Brasília, DF, 24 jul. 2009.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 177, de 21 de setembro de 2017. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 set. 2017.

BRASIL. Ato nº 67, de 27 de setembro de 2019. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 01 out 2019.

CAMPANHOLA, C. *et al.* Métodos Alternativos de Controle Fitossanitário. Embrapa. Jaguariúna – SP, 2003. 15 p.

CHAGURI, João Leandro. Efeitos da exposição ao pesticida fipronil nas alterações pressóricas em ratos acordados. 2016. 49 p. Farmacologia e Biotecnologia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Botucatu, 2016.

CASTILHOS, Dayson. Desaparecimento e Morte de Abelhas no Brasil, Registrados no Aplicativo Bee Alert. 2018. 163. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró - RN, 2018.

FAO - Food and Agriculture Organization the United Nations. Atingir uma agricultura Sustentável requer uma abordagem integrado. 2019. Disponível em: <<https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1179560/>>. Acesso em: 31 out. 2021.

FAO - Food and Agriculture Organization the United Nations. Biopesticides for locust control. 2021. Disponível em: <<https://www.fao.org/fao-stories/article/en/c/1267098/>>. Acesso em: 02 nov. 2021.

GOMES, C. S. IMPACTOS DA EXPANSÃO DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO NA CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS. Cadernos do Leste, [S. l.], v. 19, n. 19, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/caderleste/article/view/13160>>. Acesso em: 26 out. 2021.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. FIPRONIL CAS 120068-37-3 [relatório na Internet]. Brasil, 2019 [Acesso em: 06 nov.

2021]. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 01 nov. 2021.

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

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Informações técnicas. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumosagropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas>>. Acesso em: 11 ago. 2021.

MDS – Ministério da Cidadania. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável [relatório na internet]. Brasil; 2016 [Acesso em: 15 abr. 2021]. Disponível em: <http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/brasil_amigo_pesso_idosa/Agenda2030.pdf>.

MELO, H. S. As abelhas trabalhadoras. *Revista Correio dos Açores*, Universidade dos Açores. p.16, 2014.

MEDINA, Ana Maria Barbosa. Análise de resíduos de neonicotinoides no pólen forrageado e em tecidos das espécies de abelhas *Apis mellífera* africanizada e *Tetragonisca angustula* Latreille (1881). 2021. 61 p. (Química Analítica e Inorgânica) – Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, São Carlos, 2021.

MORAES, R. F. Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória. Editora IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). Brasília, 2019. 84 p.

MULLIN, C. A. *et al.* High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. *Plos One*, 5(3): e9754, 2010.

NADIA, T. L.; MACHADO, I. C.; LOPES, V. L. Fenologia reprodutiva e sistema de polinização de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae): atuação de *Apis mellifera* e de visitantes florais autóctones como polinizadores. *Acta Botanica Brasilica*, 21 (4): 835-845, 2007.

NETO, Moysés Elias. Morfogênese do tegumento em *Apis mellifera*: construindo o exoesqueleto adulto. 2008. 70 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Comparada) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

NOGUEIRA-NETO, P. Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão. *Nogueirapis*. São Paulo, 1997. 33-36 p.

ONU - Organização das Nações Unidas. ONU declara 20 de maio Dia Mundial das Abelhas. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/78857-onu-declara-20-de-maio-diamundial-das-abelhas>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente. Editora Fiocruz. Rio de Janeiro, 2003. 21 p.

PINTO, Elaine. Fipronil é encontrado em 77% das amostras de colmeias com mortalidade de abelhas no RS. Secretaria de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/fipronil-e-encontrado-em-77-das-amostras-de-colmeias-commortalidade-de-abelhas-no-rs>>. Acesso em: 28 ago. 2021.

PIRES, C. S. S. *et al.* Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD?. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, nº 5, v. 51, p.422-442, 2016.

QUEIROZ, L. C.; SILVA, C. V. R. Recurso Água: Tecnologias e Pesquisas Para o uso e a Conservação de Ecossistemas Aquáticos. Editora Cubo. São Carlos, 2021. 11-34p.

RAMOS, J. M; CARVALHO, N. C. Estudo Morfológico e Biológico das Fases de Desenvolvimento de *Apis mellifera*. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, nº 10, páginas, 2007.

RASBZ, 2006. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43ª, 2006. João Pessoa, 2006. Anais da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Disponível em: <http://sbz.org.br/new/pt/documentos--anais-das-reunioes>.

RECH, A. R. *et al.* Biologia da Polinização. Editora Projeto Cultural. Rio de Janeiro, 2014. 327 p.

SILVA, R. C. M.; TORRE, P. A. D.; MATOS, J. C. O uso incorreto do inseticida fipronil e sua influência na morte das abelhas no sul do Brasil. *Processando o Saber*, v.13, p. 93-110, 2021.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. Abelhas brasileiras: Sistemática e Identificação. Fernando A. Silveira. Belo Horizonte – MG, 2002. 7 p.

SPADOTTO, C. A. *et al.* Monitoramento do Risco Ambiental de Agrotóxicos: princípios e recomendações. Embrapa. Jaguariúna - SP, 2004, 9 p.

UCELI, L. F; COSTA, F. L. P. Os filhos da mãe: a partenogênese como forma de reprodução em animais. *Genética na Escola*. Nº 1, vol. 14, 2019.

VIERA-ARROYO, W. F. *et al.* Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *J. Selva Andina Biosph.*, La Paz, v. 8, nº 2, p. 128-149, 2020.

YAMAMOTO, 2020. Os tipos de Abelhas: Abelhas Sociais, Solitárias e Parassociais. Melíponas. Disponível em: <https://www.meliponas.com.br/tipos-de-abelhas-sociais-solitarias-parassociais/>. Acesso em: 07 jun. 2021.

ZALUSKI, R. Efeito do inseticida Fipronil em abelhas africanizadas e na expressão de gene relacionado ao Sistema Imunológico. Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia: UNESP; 2014. 52 p.