
Are glyphosate and fipronil a threat to bees? Integrative literature review

Serão o glifosato e o fipronil uma ameaça para as abelhas? Revisão integrativa de literatura

Received: 2023-11-15 | Accepted: 2023-12-18 | Published: 2023-12-21

Laina Pires Rosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2168-6860>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: lainapires22@gmail.com

Marcela Cristina Silveira-Tschoeke

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7902-4050>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: marcelasilveira@uft.edu.br

Carlos Gravato

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0562-6945>
Faculty of Sciences, University of Lisbon, Portugal
E-mail: cagravato@fc.ul.pt

Paulo Henrique Tschoeke

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4669-0361>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: pht@uft.edu.br

Renato Almeida Sarmiento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5379-9595>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: rsarmiento@uft.edu.br

ABSTRACT

Beekeeping has been growing and developing over the years. There are many products that can be explored with this activity, in addition to bringing great benefits to their producers and consumers. *Apis mellifera* L. bees carry out an extremely important activity for the productivity of many agricultural crops, which is the cross-pollination of vegetables. When bees visit crops in search of resources for their colony and, consequently, promoting pollination, they can come into contact with pesticides that are applied to crops to control pests, diseases and weeds. However, such pesticides can be harmful to bees, causing serious harm to the individual and the colony. Many of the pesticides are neurotoxic and have different modes of action, and have recently been identified as responsible for the decline in bee populations. Thus, this work carried out a bibliographical survey on the impact that the pesticides glyphosate and fipronil used in soybean cultivation affect bees in different aspects.

Keywords: Ecotoxicology; Mortality; *Apis mellifera*; Pesticides

RESUMO

A atividade apícola vem crescendo e se desenvolvendo ao longo dos anos. Muitos são os produtos que podem ser explorados com essa atividade, além de trazer grandes benefícios aos seus produtores e consumidores. As abelhas *Apis mellifera* L. imperam numa atividade extremamente importante à produtividade de muitas culturas agrícolas, que é a polinização cruzada dos vegetais. Quando as abelhas visitam as culturas em busca de recursos para sua colônia e, conseqüentemente, promovendo a polinização, podem entrar em contato com os pesticidas que são aplicados nas culturas para o controle de pragas, doenças e ervas daninhas. No entanto, tais pesticidas podem ser deletérios às abelhas, promovendo injúrias graves ao indivíduo e à colônia. Muitos dos pesticidas são neurotóxicos e tem modos de ação diferentes, sendo apontados recentemente como responsáveis pelo declínio das populações de abelhas. Assim, este trabalho realizou um levantamento bibliográfico sobre o impacto que os pesticidas glifosato e fipronil utilizados na cultura da soja afetam as abelhas em diversos aspectos.

Palavras-chave: Ecotoxicologia; Mortalidade; *Apis mellifera*; Agrotóxicos

INTRODUÇÃO

A polinização é essencial para a reprodução e manutenção de diversas espécies de plantas e provê alimentos para humanos e animais, intervindo, também, no aspecto qualitativo da produção. As abelhas estão inseridas no grupo economicamente mais importante de polinizadores em todo mundo, desempenhando papel fundamental na agricultura (MONQUERO; OLIVEIRA, 2018; DELKASH-ROUDSARI *et al.*, 2020). Elas colaboram de maneira expressiva atuando como polinizadoras na produção mundial de alimentos, onde aproximadamente 73% das espécies de vegetais cultivadas no mundo são polinizadas por abelhas (DA ROSA *et al.*, 2019).

Em áreas de Cerrado foi verificada uma abundância elevada de espécies de abelhas, principalmente nas áreas de transição Cerrado-Amazônia do estado do Tocantins, com 83 espécies descritas (GONÇALVES *et al.*, 2021). Contudo, a ação antrópica tem vindo a ser apontada como uma das principais causas responsável pela diminuição da riqueza específica de abelhas. Esta ação antrópica é devida principalmente às atividades associadas à agricultura e pecuária, tais como, o uso intensivo das terras, as queimadas, o uso de pesticidas e a destruição das colônias para a obtenção de mel (REGO & ALBUQUERQUE, 2012).

Dentre as espécies de abelhas, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) é a mais eficiente na polinização de plantas agrícolas, devido à sua abundância em diferentes ecossistemas e de seu hábito generalista na busca de recursos (TSCHOEKE *et al.* 2015; CHRISTEN; FENT, 2017). Esta espécie de abelha pode ser encontrada desde locais com

nenhuma interferência humana, como em locais de alto impacto antrópico, como é o caso das áreas de agricultura intensiva (TSCHOEKE *et al.* 2015).

O estado do Tocantins é considerado uma das últimas fronteiras agrícolas do Brasil, respondendo por 44% da produção de grãos da região Norte do Brasil de acordo com o IBGE (2018). Esta intensa atividade agrícola leva ao uso de pesticidas, cujo impacto nos polinizadores, em especial *A. mellifera*, carece de ser estudado (PINHEIRO *et al.* 2019; TSCHOEKE *et al.* 2019).

Pesticidas largamente empregados na agricultura (e.g.: inseticidas neonicotinóides e herbicida glifosato), são conhecidos por serem extremamente tóxicos para as abelhas. Tais compostos, podem, mesmo em doses sub-letais, desencadear distúrbios na dinâmica da colônia, diminuindo significativamente o seu desempenho (*fitness*) reprodutivo (produção de crias), o ganho de peso das abelhas e a resistência às doenças (ALBURAKI *et al.*, 2017; COSTA, 2019). Por serem sensíveis a uma variedade de pesticidas, as abelhas que se encontram em áreas com alto impacto antrópico são particularmente vulneráveis à sua exposição por meio de várias vias de exposição. No entanto, não se sabe se a exposição constante das abelhas a pesticidas causa resistência adquirida permitindo a continuidade das abelhas nesses ambientes contaminados de elevada pressão.

Diante do exposto, este estudo tem como objetivo buscar na literatura as publicações que abordem sobre o impacto que os agrotóxicos glifosato e fipronil afetam a saúde das abelhas.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, a qual é caracterizada pela elaboração de uma análise ampla da literatura, contribuindo para discussões sobre a metodologia e resultados de pesquisas, assim como reflexões sobre a realização de trabalhos futuros (MENDES *et al.*, 2008).

Segundo Mendes *et al.* (2008), para a construção da revisão integrativa é necessário percorrer seis etapas distintas, similares aos estágios de desenvolvimento de uma pesquisa convencional. A primeira etapa consiste no estabelecimento de hipótese ou questão norteadora, a segunda etapa na amostragem ou busca na literatura, a terceira na categorização dos estudos, a quarta etapa na avaliação dos estudos incluídos na revisão, a quinta etapa na interpretação dos resultados e a sexta e última etapa na apresentação da revisão.

Após a escolha do tema, foi definida a seguinte questão norteadora: Quais são os estudos disponíveis na literatura que abordam sobre o impacto que o glifosato e fipronil vem ocasionando nas abelhas?

A presente revisão foi realizada nos meses de janeiro a julho de 2023. A pesquisa foi realizada em periódicos acadêmicos como Google Acadêmico, Science Direct e Periódico Capes. Foram utilizados como critérios de inclusão: artigos publicados nos últimos cinco anos (2018 a 2023), disponíveis na íntegra, textos completos, gratuitos e nos idiomas inglês e português. Utilizaram-se como critérios de exclusão os artigos repetidos nas diferentes bases de dados e que não atendessem ao objetivo da pesquisa, teses, dissertações, manuais e artigos fora do período compreendido.

Para a realização da busca dos artigos foram utilizadas palavras-chave: *toxicity bees*, glifosato, fipronil, e para sintetizar as buscas foi utilizado a espécie *Apis mellifera*. Os artigos incluídos na revisão foram abordados por meio de leitura crítica e interpretativa. A partir da reflexão, interpretação e síntese dos resultados, foram comparados os dados caracterizados na análise do material com o referencial teórico. A síntese dos extraídos dos artigos foi apresentada de forma descritiva, reunindo o conhecimento produzido sobre o tema investigado e possibilitando o leitor a avaliação da aplicação da revisão integrativa.

Após as pesquisas nas bases de dados e com o cruzamento das palavras-chave, foram encontrados o total de 16.900 publicações e após a aplicação dos critérios de inclusão identificou-se 611 estudos. Em seguida foram excluídas 591 publicações, pois 121 não se adequaram ao tema, 170 eram teses ou dissertações, 123 tratavam da combinação de agrotóxicos, 30 artigos de revisão e 155 não estavam disponíveis gratuitamente. Dessa forma, foram utilizados 12 artigos para amostra final todos em inglês, pois são os que respondem ao objetivo deste estudo, conforme mostrado no Quadro 1.

RESULTADOS

Os dados analisados foram organizados da seguinte forma: autores/ano, título e resultados. Na temática abordada, selecionaram-se 12 artigos para amostra final que corresponderam ao objetivo desta pesquisa, conforme o quadro 1.

Quadro 1: Lista dos artigos selecionados após a pesquisa bibliográfica.

Autores/ano	Título	Resultados
Luo et al., 2021	Effects of a commercially formulated glyphosate solutions at recommended concentrations on honeybee (<i>Apis mellifera</i> L.) behaviours	Os resultados mostraram que houve declínio na capacidade de resposta à água, reduziu a responsividade à sacarose, afetou a capacidade de aprendizagem olfativa e a capacidade de memória das abelhas.
Faita et al., 2018	Changes in hypopharyngeal glands of nurse bees (<i>Apis mellifera</i>) induced by pollen-containing sublethal doses of the herbicide Roundup [®]	O herbicida glifosato promove alterações na ultraestrutura celular das glândulas hipofaríngeas, responsáveis pela produção de geleia real, desencadeando danos ao desenvolvimento e à sobrevivência das colônias de abelhas.
Moreira et al., 2021	Effect of protein supplementation in the bee <i>Apis mellifera</i> L. exposed to the agrochemical fipronil.	O fipronil foi tóxico para as abelhas e promoveu alterações na locomoção das abelhas.
Astolfi et al., 2022	Field relevant doses of the fipronil affects gene expression in honey bees <i>Apis mellifera</i>	Os resultados indicam que o fipronil provoca alterações na expressão dos genes relacionados à fisiologia e morfologia, metabolismo e comportamento em abelhas <i>Apis mellifera</i> .

Chaves et al., 2020	Effects of glyphosate-based herbicide on royal jelly production of <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: Apidae) in field conditions	A dieta contendo Roundup provocou nas abelhas uma diminuição na quantidade de geleia real produzida e o número de células enxertadas.
Hernández; Riveros e Márquez, 2021	Sublethal doses of glyphosate impair olfactory memory retention, but not learning in the honey bee (<i>Apis mellifera scutellata</i>)	Descobriram que doses subletais de glifosato prejudicam a retenção da memória; as abelhas expostas a doses subletais de glifosato apresentaram uma trajetória de decaimento da informação aprendida.
Bovi et al., 2018	Toxicity and motor changes in Africanized honey bees (<i>Apis mellifera</i> L.) exposed to fipronil and imidacloprid	O fipronil foi tóxico para abelhas quando administrado por contato e por via oral, apresentando respectivamente LD50 0.1079 e 0.0375 µg/abelha. Causou prejuízo na função motora das abelhas
Holder et al., 2018	Fipronil pesticide as a suspect in historical mass mortalities of honey bees	Descobriram através da química analítica (GC-MS) em simulações demográficas que o fipronil ocasionou mortalidade em massa em abelhas melíferas na França. A análise por GC-MS revelou que praticamente todo o fipronil ingerido por uma abelha em

		<p>uma única refeição estava presente 6 dias depois, o que sugere a bioacumulação.</p>
Blot et al., 2019	<p>Glyphosate, but not its metabolite AMPA, alters the honeybee gut microbiota</p>	<p>O glifosato não é considerado um matador de abelhas, no entanto o estudo confirma que o glifosato pode ter efeitos subletais na microbiota das abelhas.</p>
Motta et al., 2020	<p>Oral or Topical Exposure to Glyphosate in Herbicide Formulation Impacts the Gut Microbiota and Survival Rates of Honey Bees</p>	<p>O glifosato afetou a abundância de bactérias benéficas no intestino das abelhas de uma dependente da dose. As abelhas expostas tinham maior probabilidade de desaparecer da colônia, e exibiram mortalidade aumentada.</p>
Vázquez et al., 2023	<p>Glyphosate affects larval gut microbiota and metamorphosis of honey bees with differences between rearing procedures</p>	<p>Os resultados obtidos indicam que a ingestão de concentrações relevantes de glifosato induziu uma desaceleração no crescimento com disbiose na microbiota intestinal larval, seguida por efeitos tardios em sua metamorfose, como teratogênese e mortalidade de abelhas recém-emergidas.</p>

Boksová et al., 2023	Effect of glyphosate on the foraging activity of the European honey bee (<i>Apis mellifera</i> L.)	A exposição das abelhas ao glifosato aumentou o tempo de voo de volta à colmeia e a trajetória deste voo. Estes resultados implicam que o glifosato em certas concentrações reduz a sua sensibilidade a recompensas de néctar em memórias associativas, e afetam o forrageamento.
----------------------	---	---

Fonte: Autores, 2023

Diante dos resultados apresentados, o declínio da saúde das abelhas tem sido um fator de elevada preocupação, mas as causas exatas para a ocorrência deste declínio ainda não foram totalmente identificadas. No entanto, parece consensual que os principais fatores de stresse que afetam a saúde das abelhas enquadram-se nas seguintes categorias: doenças, exposição a pesticidas, perda de habitat, de alimentação e nutrição inadequada, má gestão na apicultura, alterações climáticas e perda de diversidade genética comprometendo muitos fatores de saúde individuais diferentes. Portanto, o estudo das causas do declínio em todo o mundo tem se revelado um problema complexo e multifatorial, exigindo abordagens holísticas que explorem como os fatores de risco à saúde interagem de forma sinérgica e antagônica para produzir morbidade e mortalidade das abelhas melíferas.

DISCUSSÃO

Em suas doses letais, a maioria dos inseticidas exerce seus efeitos tóxicos nos insetos através de alterações na fisiologia do sistema nervoso, levando à morte por hiperexcitação ou paralisção das atividades. Os agrotóxicos como o glifosato e o fipronil, além do efeito de toxicidade, em baixas concentrações causam efeitos subletais, originando alterações cognitivas que desencadearão prejuízos na manutenção da colônia.

O glifosato, N-(phosphonomethyl) glicina, é um herbicida com atividade de amplo espectro utilizado a partir de 1974 para o controle de plantas daninhas em áreas de produção agrícola, embora tenha sido sintetizado em 1964, por meio da empresa americana Monsanto (BENBROOK, 2012), adquirida pela alemã Bayer no ano de 2018.

Uma quantidade significativa de glifosato não é absorvida pelas plantas e, em vez disso, é dispersa no meio ambiente, onde sofre degradação por meio de processos abióticos e bióticos, como fotólise, termólise e biodegradação. O tempo de degradação (DT₅₀) pode variar amplamente dependendo das condições ambientais, reportando-se em estudos de solo os valores de DT₅₀ podem variar de 1 a 130 dias (RAMPAZZO et al., 2023). O principal metabólito do glifosato é o AMPA (ácido aminometilfosfônico), que é mais persistente e causa contaminação secundária no meio ambiente (SINGH et al., 2020).

O fipronil [5-amino-1-[2,6-dicloro-4-(trifluorometil)fenil]-4-[(trifluorometil)sulfinilideno]-1H-pirazol-3-carbonitrila] é um inseticida que foi sintetizado pela primeira vez com sucesso pela empresa Bayer Crop Science em 1987 (BHATT et al., 2021). O fipronil é ligeiramente solúvel em água e mais solúvel em lipídios, óleos, proteínas e solventes orgânicos lipofílicos. Ele pode permanecer estável por cerca de 1 ano à temperatura ambiente, mas é prontamente decomposto na presença de íons metálicos ou em condições alcalinas (BONMATIN et al., 2015). O fipronil é mais denso que a água e mais difícil de volatilizar, podendo ser degradado por fotólise (SIMON-DELSO et al., 2015; ASTOLFI et al., 2022).

A degradação do fipronil no meio ambiente pode levar à formação de fipronil sulfona altamente tóxica, fipronil dissulfenil, sulfeto de fipronil e fipronil amida (ASTOLFI et al., 2022). O tempo médio de vida desses compostos pode variar de 111 a 350 dias, apresentando um alto risco de contaminação por sua aplicação em organismos não-alvo. A exposição de abelhas melíferas ao fipronil afeta sua atividade motora e o desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas e mandibulares (ZALUSKI et al., 2017).

Atualmente, existem diversas formulações de agrotóxicos, contendo misturas com ingredientes inertes (adjuvantes/surfactantes), que aumentam a penetração do ingrediente ativo na planta. No entanto, a composição desses ingredientes inertes, em algumas circunstâncias, ainda é desconhecida, o que dificulta os estudos toxicológicos, uma vez que os surfactantes também podem ser tóxicos aos animais (NAGY et al., 2020; BATTISTI et al., 2021; BATTISTI et al., 2023). Para lidar com essa questão, é crucial estudos que avaliam de forma mais rigorosa a toxicidade da formulação dos produtos e não apenas o ingrediente ativo utilizados em pesticidas. Isso inclui a realização de pesquisas aprofundadas sobre os efeitos dessas substâncias nos polinizadores, como o uso de biomarcadores que permite uma avaliação mais precisa e sensível dos efeitos de

deversos estressores ambientais na saúde das abelhas, indo além das observações macroscópicas.

Compreender os impactos das misturas inertes nos agrotóxicos e a implementação de estudos que utilizam biomarcadores nas abelhas permite não apenas avaliar os riscos ambientais, mas também desenvolver medidas preventivas e corretivas. Além disso, a pesquisa contínua sobre biomarcadores contribui para o desenvolvimento de políticas mais informadas e práticas agrícolas sustentáveis, visando proteger as abelhas e, por extensão, a saúde de ecossistemas em que desempenham um papel vital.

As abelhas melíferas representam 80% do total de insetos polinizadores das principais culturas. Durante o forrageamento, elas podem ser expostas ao glifosato via pólen, néctar, água e poeira, e transferir contaminantes para a colmeia (DAI et al., 2018). Resíduos de glifosato já foram encontrados em 27% das amostras de mel retiradas diretamente das colmeias e em 33% das amostras de mel comprado em lojas (BERG et al., 2018). A exposição das abelhas ao glifosato pode afetar a saúde das abelhas, inclusive perturbando sua microbiota intestinal, diminuindo o peso das larvas e a taxa de sobrevivência da ninhada, reduzindo a memória de curto prazo e prejudicando o aprendizado associativo em forrageadoras (DAI et al., 2018; MOTTA et al., 2018; LEDOUX et al., 2020).

Jinguji et al (2018) demonstrou que o uso indiscriminado de fipronil causa efeitos negativos em organismos não-alvo, incluindo as abelhas. No Brasil é frequentemente utilizado em lavouras, como cana-de-açúcar, eucalipto, café, frutas cítricas e no tratamento de sementes de soja (CASTILHOS et al., 2019). Mais de 480 milhões de abelhas morreram de dezembro de 2018 a fevereiro de 2019, provavelmente devido à exposição ao fipronil no Brasil (COSTA, 2019; GRIGORI, 2019; FARDER-GOMES et al., 2021).

Segundo Pareja et al (2011) e Van der Sluijs et al (2015) a detecção de fipronil e seus metabólitos em pólen e mel confirma que as abelhas melíferas estão expostas a doses subletais desse inseticida retido na natureza, o que pode refletir sua real concentração. Portanto, doses relevantes de campo (FRD), que são baixas concentrações de pesticidas presentes na colméia através da coleta de pólen, néctar, água, resina ou gotículas de culturas tratadas, podem ser extremamente prejudiciais para as abelhas causando alterações fisiológicas, morfológicas e comportamentais (BONMATIN et al., 2015; ASTOLFI et al., 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pesticidas, como o glifosato e o fipronil, têm sido associados a impactos preocupantes na vida das abelhas, contribuindo significativamente para o declínio das populações desses polinizadores essenciais. Diante dessa pesquisa observou que diversos trabalhos revelam que a exposição a esses pesticidas pode resultar em efeitos adversos nas abelhas, como a redução da capacidade de forrageamento, desorientação e, em alguns casos, mortalidade. O desequilíbrio ecológico causado pelo declínio das populações de abelhas têm ramificações profundas, afetando a polinização de culturas agrícolas e a biodiversidade em geral. Diante desse cenário, é imperativo adotar medidas proativas para mitigar os impactos dos pesticidas nas abelhas e as diversas formas que o mesmo vem afetando esses insetos não alvo. Isso inclui a promoção de práticas agrícolas sustentáveis, o desenvolvimento e implementação de pesticidas menos nocivos aos polinizadores, a análise através dos biomarcadores para avaliar os processos desintoxicação, bem como a conscientização pública sobre a importância da preservação das abelhas. A colaboração entre agricultores, pesquisadores, formuladores de políticas e a sociedade em geral é essencial para garantir a sobrevivência desses insetos vitais para nosso ecossistema.

INFORMAÇÕES DE FINANCIAMENTO

Este trabalho foi apoiado financeiramente pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-Brasil – PROCAD AMAZÔNIA, Projeto 306652/2018-8) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq-Brasil – Bolsa 141509/2020-1).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-Brasil – PROCAD AMAZÔNIA, Projeto 306652/2018-8) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq-Brasil - bolsa nº 141509/2020-1).

REFERÊNCIAS

- ALBURAKI, Mohamed et al. Landscape and pesticide effects on honey bees: forager survival and expression of acetylcholinesterase and brain oxidative genes. **Apidologie**, v. 48, p. 556-571, 2017.
- ASTOLFI, Aline et al. Field relevant doses of the fipronil affects gene expression in honey bees *Apis mellifera*. **Apidologie**, v. 53, n. 6, p. 69, 2022.

BATTISTI, Lucas et al. Review on the sublethal effects of pure and formulated glyphosate on bees: Emphasis on social bees. **Journal of Applied Entomology**, v. 147, n. 1, p. 1-18, 2023.

BATTISTI, Lucas et al. Is glyphosate toxic to bees? A meta-analytical review. **Science of the Total Environment**, v. 767, p. 145397, 2021.

BENBROOK, Charles M. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the US--the first sixteen years. **Environmental Sciences Europe**, v. 24, n. 1, p. 1-13, 2012.

BERG, Carl J. et al. Glyphosate residue concentrations in honey attributed through geospatial analysis to proximity of large-scale agriculture and transfer off-site by bees. **PLoS One**, v. 13, n. 7, p. e0198876, 2018.

BHATT, Pankaj et al. Fipronil degradation kinetics and resource recovery potential of *Bacillus* sp. strain FA4 isolated from a contaminated agricultural field in Uttarakhand, India. **Chemosphere**, v. 276, p. 130156, 2021.

BLOT, Nicolas et al. Glyphosate, but not its metabolite AMPA, alters the honeybee gut microbiota. **PloS one**, v. 14, n. 4, p. e0215466, 2019.

BOKŠOVÁ, Aneta. et al. Effect of glyphosate on the foraging activity of the European honey bee. **Apis mellifera**, p. 195-201, 2023.

BONMATIN, J.-M. et al. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. **Environmental science and pollution research**, v. 22, p. 35-67, 2015.

BOVI, Thaís S.; ZALUSKI, Rodrigo; ORSI, Ricardo O. Toxicity and motor changes in Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) exposed to fipronil and imidacloprid. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 239-245, 2018.

CASTILHOS, Dayson et al. Bee colony losses in Brazil: a 5-year online survey. **Apidologie**, v. 50, p. 263-272, 2019.

CHAVES, Adriana et al. Effects of glyphosate-based herbicide on royal jelly production of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in field conditions. **Journal of Apicultural Research**, v. 60, n. 2, p. 277-279, 2020.

COSTA, Hadja Lorena Rangel Uchôa Cavalcanti de Menezes. Avaliação do comportamento e do perfil bioquímico de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) expostas ao herbicida glifosato por ingestão. 2019. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

DA ROSA, Joatan Machado et al. Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: Existe uma explicação?. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 154-162, 2019.

DAI, Pingli et al. The herbicide glyphosate negatively affects midgut bacterial communities and survival of honey bee during larvae reared in vitro. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 66, n. 29, p. 7786-7793, 2018.

DELKASH-ROUDSARI, Sahar et al. Assessment of lethal and sublethal effects of imidacloprid, ethion, and glyphosate on aversive conditioning, motility, and lifespan in

honey bees (*Apis mellifera* L.). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 204, p. 111108, 2020.

FAITA, Márcia Regina et al. Alterações nas glândulas hipofaríngeas de abelhas enfermeiras (*Apis mellifera*) induzidas por doses subletais contendo pólen do herbicida Roundup®. **Quimosfera**, v. 211, pág. 566-572, 2018.

FARDER-GOMES, Cliver Fernandes et al. Harmful effects of fipronil exposure on the behavior and brain of the stingless bee *Partamona helleri* Friese (Hymenoptera: Meliponini). **Science of the Total Environment**, v. 794, p. 148678, 2021.

GONÇALVES, Angélica Beatriz Corrêa et al. I Seminário de Pesquisa e Biodiversidade do Tocantins. **I Seminário de Pesquisa e Biodiversidade do Tocantins**, 2021. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/3317/1/I%20Semin%C3%A1rio%20de%20Pesquisa%20e%20Biodiversidade%20do%20Tocantins.pdf> Acesso em 12 mar. 2023

GRIGORI, Pedro. Apicultores brasileiros encontram meio bilhão de abelhas mortas em três meses. **Agência Pública**, v. 7, 2019. Disponível em: <https://portrasdoalimento.info/2019/03/07/apicultores-brasileiros-encontram-meio-bilhao-de-abelhas-mortas-em-tres-meses/> Acesso em 02 fev. 2023

HERNÁNDEZ, Juan; RIVEROS, Andre J.; AMAYA-MARQUEZ, Marisol. Sublethal doses of glyphosate impair olfactory memory retention, but not learning in the honey bee (*Apis mellifera scutellata*). **Journal of Insect Conservation**, v. 25, p. 683-694, 2021.

HOLDER, Philippa J. et al. Fipronil pesticide as a suspect in historical mass mortalities of honey bees. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 51, p. 13033-13038, 2018.

JINGUJI, Hiroshi et al. Effects of short-term, sublethal fipronil and its metabolite on dragonfly feeding activity. **PLoS One**, v. 13, n. 7, p. e0200299, 2018.

LEDOUX, Michelle L. et al. Penetration of glyphosate into the food supply and the incidental impact on the honey supply and bees. **Food Control**, v. 109, p. 106859, 2020.

LUO, Qi-Hua et al. Effects of a commercially formulated glyphosate solutions at recommended concentrations on honeybee (*Apis mellifera* L.) behaviours. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 2115, 2021.

MONQUERO, Patricia Andrea; OLIVEIRA, Alessandro Santos. Os herbicidas causam impactos na sobrevivência e desenvolvimento de abelhas?. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 95-105, 2018.

MOREIRA, Iloran do Rosário Corrêa et al. Effect of protein supplementation in the bee *Apis mellifera* L. exposed to the agrochemical fipronil. **Sociobiology**, v. 68, n. 3, p. e5830-e5830, 2021.

MOTTA, Erick VS et al. Oral or topical exposure to glyphosate in herbicide formulation impacts the gut microbiota and survival rates of honey bees. **Applied and environmental microbiology**, v. 86, n. 18, p. e01150-20, 2020.

MOTTA, Erick VS; RAYMANN, Kasie; MORAN, Nancy A. Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 41, p. 10305-10310, 2018.

NAGY, Károly et al. Systematic review of comparative studies assessing the toxicity of pesticide active ingredients and their product formulations. **Environmental Research**, v. 181, p. 108926, 2020.

PAREJA, Lucía et al. Analytical methods for pesticide residues in rice. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 30, n. 2, p. 270-291, 2011.

PINHEIRO, Izabella et al. Effects of *Lippia sidoides* Cham.(Verbenaceae) essential oils on the honey bees *Apis mellifera* (Apidae: Hymenoptera) foraging. **Revista de Ciências Agrícolas**, v. 36, n. SPE, p. 31-41, 2019.

POL, Jeferson Jeldoci; HUPFFER, Haide Maria; FIGUEIREDO, João Alcione Sganderla. Os riscos do agrotóxico glifosato: controvérsia científica ou negação do dano à saúde humana. **Revista Opinião Jurídica (Fortaleza)**, v. 19, n. 32, p. 267-295, 2021.

RAMPAZZO, Giulia et al. Glyphosate and Glufosinate Residues in Honey and Other Hive Products. **Foods**, v. 12, n. 6, p. 1155, 2023.

RÊGO, Márcia Maria Corrêa; ALBUQUERQUE, PMC de. Biodiversidade de abelhas em zonas de transição no Maranhão. **Documentos (Embrapa Semiárido)**, v. 249, p. 36-57, 2012.

SIMON-DELSO, Noa et al. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 5-34, 2015.

SINGH, Simranjeet et al. Herbicide glyphosate: Toxicity and microbial degradation. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 20, p. 7519, 2020.

TSCHOEKE, Paulo Henrique et al. Botanical and synthetic pesticides alter the flower visitation rates of pollinator bees in Neotropical melon fields. **Environmental Pollution**, v. 251, p. 591-599, 2019.

TSCHOEKE, Paulo Henrique et al. Diversity and flower-visiting rates of bee species as potential pollinators of melon (*Cucumis melo* L.) in the Brazilian Cerrado. **Scientia Horticulturae**, v. 186, p. 207-216, 2015.

VAN DER SLUIJS, Jeroen P. et al. Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 1, p. 148-154, 2015.

VÁZQUEZ, Diego E. et al. Glyphosate affects larval gut microbiota and metamorphosis of honey bees with differences between rearing procedures. **Environmental Pollution**, v. 334, p. 122200, 2023.

ZALUSKI, Rodrigo; JUSTULIN JR, Luis Antonio; ORSI, Ricardo de Oliveira. Field-relevant doses of the systemic insecticide fipronil and fungicide pyraclostrobin impair

mandibular and hypopharyngeal glands in nurse honeybees (*Apis mellifera*). **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 15217, 2017.