

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de
23/06/2028

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until
June 23, 2028

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

IMPACTO DA DOSE AMBIENTALMENTE RELEVANTE DA ASSOCIAÇÃO
DOS AGROTÓXICOS SULFOXAFLOE E CLORPIRIFÓS VIA CERA SOBRE A
EXPRESSÃO DE GENES EM ABELHAS *Apis mellifera*

JAÍNE XAVIER

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título de Mestre
em Zootecnia

BOTUCATU – SP
Junho 2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

IMPACTO DA DOSE AMBIENTALMENTE RELEVANTE DA ASSOCIAÇÃO
DOS AGROTÓXICOS SULFOXAFLOE E CLORPIRIFÓE VIA CERA SOBRE A
EXPRESSÃO DE GENES EM ABELHAS *Apis mellifera*

JAÍNE XAVIER

Orientador: Prof. Assoc. Dr. Ricardo de Oliveira Orsi

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título de Mestre
em Zootecnia

BOTUCATU – SP
Junho 2026

X3i

Xavier, Jaíne

Impacto da dose ambientalmente relevante da associação dos agrotóxicos sulfoxaflor e clorpirifós via cera sobre a expressão de genes em abelhas *Apis mellifera* / Jaíne Xavier. -- Botucatu, 2026
96 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu
Orientador: Ricardo de Oliveira Orsi

1. Abelhas africanizadas. 2. Cera contaminada. 3. RNA-Seq. 4.
Sulfoxaflor. 5. Clorpirifós. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: IMPACTO DA DOSE AMBIENTALMENTE RELEVANTE DA ASSOCIAÇÃO DOS AGROTÓXICOS SULFOXAFLOE E CLORPIRIFÓS VIA CERA SOBRE A EXPRESSÃO DE GENES EM ABELHAS *Apis mellifera*

AUTORA: JAÍNE XAVIER

ORIENTADOR: RICARDO DE OLIVEIRA ORSI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia, área: Nutrição e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Associado RICARDO DE OLIVEIRA ORSI (Participação Presencial)

Departamento de Produção Animal e Medicina Veterinária Preventiva / UNESP / Câmpus de Botucatu - FMVZ

Prof. Dr. YAN SOUZA LIMA (Participação Virtual)

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) / Universidade de São Paulo

Doutor LEONARDO NAZARIO DE MORAES (Participação Presencial)

Laboratório Central Multiusuários / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

Botucatu, 23 de junho de 2026.


Cláudia Cristina Moreci
Assistente Administrativo
Seção de Pós-Graduação / FMVZ

BIOGRAFIA DO AUTOR

Jaíne Xavier, nascida em Atibaia, estado de São Paulo, em 11 de dezembro de 2000, filha de Terezinha Aparecida de Paula Xavier e José Donizetti Xavier, é Zootecnista graduada pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Campus de Botucatu. Atualmente, dá continuidade à sua formação acadêmica como mestranda no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela mesma instituição.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Terezinha e
José, que sob muito sol fizeram-me
chegar até aqui, na sombra.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me lembrar que o tempo tem seus próprios desígnios e que cada desafio carrega em si uma oportunidade de crescimento.

Aos meus pais, Terezinha e José, que, sob o sol intenso do trabalho, do esforço e dos desafios da vida, me permitiram crescer à sombra do amor, do cuidado e da dedicação. Cada conquista que alcanço carrega um pouco da força, da coragem e dos ensinamentos que recebi de vocês. Obrigada por terem sido meu alicerce, meu exemplo e meu porto seguro em todos os momentos. Este trabalho é também de vocês.

Aos que se tornaram amigos, em especial ao inefável Guilherme, que com seu amor pelas abelhas me deu a oportunidade de amá-las também.

Aos meus amigos da Vila do Chaves, pela amizade sincera. Em meio aos desafios e às incertezas do caminho, foram vocês que trouxeram risos, acolhimento e a certeza de que nenhuma conquista é construída sozinha. Afinal, são os encontros e as pessoas que compartilham nossa caminhada que dão sentido às etapas que percorremos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Orsi, minha gratidão pela orientação, ensinamentos compartilhados e pela confiança depositada ao longo desta trajetória. Aprendi que a ciência não se faz apenas de respostas, mas também da coragem de formular boas perguntas e da perseverança para buscar compreendê-las.

Aos integrantes do Grupo NECTAR (Núcleo de Ensino, Ciência e Tecnologia em Apicultura Racional) — incluindo todos os pós-graduandos, estagiários e funcionários —, que contribuíram para a realização deste estudo. Deixo um agradecimento especial ao Arivaldo Inácio Primo Júnior, carinhosamente chamado de Dinho, pela colaboração e conselhos que contribuíram ao longo desta caminhada.

Ao Laboratório Central Multiusuário (LACEM), da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP), campus de Botucatu, São Paulo, pela infraestrutura disponibilizada para a realização das análises. Em especial, ao Leonardo Nazário, pela disponibilidade, apoio técnico e por todo o conhecimento compartilhado ao longo desta trajetória.

Ao Laboratório de Estudos em Genética e Ômicas na Ciência Animal (Genomics), da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Botucatu, São Paulo, pelo suporte científico e estrutural oferecido. Agradeço especialmente ao Prof. Dr. Guilherme Luis, pela condução das análises e valiosas contribuições.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ - UNESP), aos seus funcionários e ao Departamento de Produção Animal, expresso minha gratidão pelo suporte institucional, pela infraestrutura oferecida e pelo ambiente propício à pesquisa e ao aprendizado.

Estendo meus agradecimentos a todos os professores com os quais tive o privilégio de aprender no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, a quem agradeço a bolsa de mestrado concedida.

Muito obrigada a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho

EPÍGRAFE

Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente,
mas o que melhor se adapta às mudanças.

-Leon C. Megginson

RESUMO GERAL

As abelhas desempenham um papel fundamental como polinizadoras, o que as expõe frequentemente à contaminação por agrotóxicos durante o forrageamento no campo. Para aprofundar a compreensão dos impactos causados por esses produtos em nível molecular, a presente dissertação está organizada em quatro capítulos: um dedicado às considerações iniciais, dois compostos por artigos científicos distintos e complementares, e um capítulo final voltado à discussão das implicações dos resultados e às considerações finais do estudo. O primeiro artigo consiste em uma revisão sistemática da literatura, desenvolvida para compilar, organizar e analisar as evidências disponíveis sobre como a exposição a misturas de agrotóxicos altera os perfis globais de expressão gênica em *A. mellifera*. A análise revelou uma literatura fragmentada, com respostas transcricionais variando substancialmente de acordo com a associação, a via de exposição e o estágio de desenvolvimento do inseto. A busca, conduzida entre dezembro de 2025 e março de 2026, consolidou 14 estudos ($n = 14$). Apenas uma minoria explorou concentrações ambientalmente relevantes e simulações crônicas via cera, evidenciando uma importante lacuna no conhecimento ecotoxicológico atual. Preenchendo essa lacuna identificada na revisão, o segundo artigo tem como objetivo analisar o impacto de doses ambientalmente relevantes da associação dos agrotóxicos Sulfoxaflor e Clorpirifós sobre a expressão de genes nessas abelhas. Neste estudo experimental, os insetos foram expostos de forma crônica a quadros contendo lâminas de cera contaminadas com concentrações realistas de campo: Sulfoxaflor (16,97 $\mu\text{g/kg}$) em associação com Clorpirifós (24,95 $\mu\text{g/kg}$). A fim de mapear o impacto dessa contaminação residual ao longo da vida e da divisão de trabalho na colônia, foram coletadas amostras em três fases distintas (larvas, nutrízes e campeiras) para a análise da expressão gênica, buscando mecanismos de resposta molecular sistêmica frente a essa interação química no ambiente apícola. Os resultados revelaram que a exposição à cera contaminada por sulfoxaflor e clorpirifós afeta principalmente as larvas, causando ativação de vias ligados à imunidade, detoxificação e metabolismo. Conclui-se que as larvas exibiram maior alteração na expressão gênica, em contraste, nutrízes e campeiras apresentaram um menor número de genes diferencialmente expressos, indicando maior resiliência nas fases adultas.

Palavras-chave: abelhas africanizadas; cera contaminada; RNA-Seq; sulfoxaflor; clorpirifós; expressão gênica; toxicologia molecular.

ABSTRACT

Bees play a fundamental role as pollinators, which frequently exposes them to pesticide contamination during field foraging activities. To advance the understanding of the molecular impacts caused by these compounds, this dissertation is organized into four chapters: one dedicated to the introductory considerations, two comprising distinct and complementary scientific articles, and a final chapter addressing the implications of the findings and the overall conclusions of the study. The first article consists of a systematic literature review designed to compile, organize, and analyze the available evidence regarding how exposure to pesticide mixtures alters global gene expression profiles in *A. mellifera*. The analysis revealed a fragmented body of literature, with transcriptional responses varying substantially according to the pesticide combination, exposure route, and developmental stage of the insect. The search, conducted between December 2025 and March 2026, identified and consolidated 14 studies (n = 14). Only a minority of these studies investigated environmentally relevant concentrations and chronic exposure scenarios through contaminated beeswax, highlighting an important gap in current ecotoxicological knowledge. Addressing this gap identified in the review, the second article aimed to evaluate the effects of environmentally relevant doses of the pesticide mixture Sulfoxaflor and Chlorpyrifos on gene expression in honey bees. In this experimental study, insects were chronically exposed to combs containing beeswax sheets contaminated with field-realistic concentrations of Sulfoxaflor (16.97 µg/kg) in combination with Chlorpyrifos (24.95 µg/kg). To investigate the effects of this residual contamination throughout the bees' life cycle and division of labor within the colony, samples were collected from three developmental and behavioral stages (larvae, nurse bees, and forager bees) for gene expression analyses, aiming to identify mechanisms of systemic molecular response to this chemical interaction in the apicultural environment. The results revealed that exposure to wax contaminated with sulfoxaflor and chlorpyrifos primarily affects larvae, triggering the activation of pathways related to immunity, detoxification, and metabolism. It was concluded that larvae exhibited greater changes in gene expression. In contrast, nurse bees and forager bees showed a lower number of differentially expressed genes, indicating greater resilience during the adult stages.

Keywords: Africanized honey bees; contaminated wax; RNA-Seq; sulfoxaflor; chlorpyrifos; gene expression; molecular toxicology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 2

Figura 1. Fluxograma de triagem PRISMA.....	30
Figura 2. Cobertura geográfica dos artigos selecionados.	31
Figura 3. Número de artigos selecionados publicados em ordem cronológica.....	31

CAPÍTULO 3

Figura 1. Quantificação de genes diferencialmente expressos (DEGs).....	65
Figura 2. Distribuição e intersecção de genes expressos em diferentes castas.....	66
Figura 3. Análise de Componentes Principais (PCA) do transcriptoma nas três fases de desenvolvimento.....	67
Figura 4. Volcano plot da expressão gênica na fase larval.....	68
Figura 5. Volcano plot da expressão gênica na fase de nutriz.....	70
Figura 6. Volcano plot da expressão gênica na fase campeira.....	71
Figura 7. Análise de enriquecimento funcional dos DEGs em larvas expostas ao tratamento.....	72
Figura 8. Análise de enriquecimento funcional na fase de nutriz.....	73

CAPÍTULO 4

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Resultados da pesquisa e seleção de artigos para triagem.	27
Tabela 2. Critérios de inclusão e exclusão dos estudos selecionados, definidos com base na estratégia PICO (População, Intervenção/Exposição, Comparação e Desfecho).	27
Tabela 3. Planilha resumida com as principais informações dos artigos selecionados.	29

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Genes diferencialmente expressos identificados no volcano plot de larvas de <i>Apis mellifera</i> expostas ao tratamento, com indicação da regulação da expressão gênica (<i>up-regulated</i> e <i>down-regulated</i>) e suas respectivas anotações funcionais.	69
---	----

CAPÍTULO 4

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AMPs	Peptídeos Antimicrobianos
CarE	Carboxilesterase
CASP / Caspase	Cisteína-aspartato proteases (Enzimas executoras de apoptose)
Cat	Catalase
CRBXase	Carboxilesterase
CuZnsod	Superóxido dismutase citosólica
CYP (ex: <i>CYP9Q2</i> , <i>CYP6A14</i> , <i>CYP306A1</i>)	Citocromo P450 (Superfamília de enzimas de Fase I)
DEGs	Genes diferencialmente expressos
DL ₅₀	Dose letal
DOI	Identificador de Objeto Digital
Duox / duox	Oxidase Dual (<i>Dual Oxidase</i>)
EROs	Espécies Reativas de Oxigênio
GO:BP	Ontologia Gênica: Processo Biológico
GO:MF	Ontologia Gênica: Funções Moleculares
GST (ex: <i>GSTS3</i> , <i>GstD1</i>)	Glutathione S-transferases
IMD	<i>Immune deficiency</i>
JAK/STAT	<i>Janus kinase/signal transducers and activators of transcription</i>
KEGG	Enciclopédia de Genes e Genomas de Kyoto (<i>Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes</i>)
Mnsod	Superóxido dismutase mitocondrial
MsrA	Metionina Sulfóxido Redutase A
MyD88	Proteína de Diferenciação Mieloide 88
PAMPs	Padrões moleculares associados a patógenos

PGRPs	Proteínas de Reconhecimento de Peptidoglicano
PICO	População, Intervenção/Exposição, Comparação e Desfecho
PLP	Piridoxal-5'-fosfato (Forma ativa da Vitamina B6)
ppo	Profenoloxidase
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>
qPCR	Reação em Cadeia da Polimerase Quantitativa
RNA-Seq	Sequenciamento de RNA
sod / Sod1	Superóxido dismutase
vtg	Vitelogenina
ZO-2	Zónula de Oclusão-2 (<i>Zonula Occludens-2</i>)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	15
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
OBJETIVOS	18
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO 2.....	21
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAIS E MÉTODOS	26
3. RESULTADOS.....	30
4. DISCUSSÃO	34
5. CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39
CAPÍTULO 3.....	55
1. INTRODUÇÃO	59
2. MATERIAL E METODOS	61
3. RESULTADOS.....	64
4. DISCUSSÃO	73
5. CONCLUSÃO	78
REFERÊNCIAS	79
CAPÍTULO 4.....	95
IMPLICAÇÕES	96

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Revisão de literatura

A apicultura é uma atividade agropecuária de expressivo impacto social, econômico e ambiental. Caracterizada pelo baixo investimento inicial e alta adaptabilidade a diversas regiões, ela é uma alternativa viável e rentável, especialmente para a agricultura familiar (Arruda; Botelho; Carvalho, 2011). Em escala global, o Brasil ocupa posição de destaque, figurando como o décimo primeiro maior produtor mundial de mel e apresentando forte direcionamento para a exportação a mercados exigentes. No ranking global de exportadores, o país também se sobressai, com produção concentrada principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Piauí (FAO, 2021; Vidal, 2021).

Contudo, o valor das abelhas transcende a produção apícola direta. O serviço ecossistêmico de polinização fornecido pela *A. mellifera* é indispensável para a manutenção da biodiversidade e para a segurança alimentar global. Estima-se que 75% das culturas agrícolas de importância mundial dependam, em algum grau, da polinização por insetos (Freitas *et al.*, 2020). Globalmente, o valor desses serviços prestados aos cultivos agrícolas ultrapassa os US\$ 200 bilhões anuais (Porto *et al.*, 2020), evidenciando que a preservação desses polinizadores é fundamental para o rendimento e a qualidade das colheitas.

O sucesso ecológico e a eficiência na polinização da *A. mellifera* estão intrinsecamente ligados à sua organização biológica, essas abelhas desenvolveram um comportamento eussocial altamente organizado (Silveira; Melo; Almeida, 2002). Uma colônia saudável pode abrigar dezenas de milhares de indivíduos, divididos em castas com funções biológicas estritas: uma rainha responsável pela reprodução e coesão por meio de feromônios; zangões destinados à fecundação; e milhares de operárias encarregadas da manutenção do ninho (Page, R. E.; Robinson, 1991; Silva *et al.*, 2020).

A divisão de trabalho entre as operárias ocorre por meio do polietismo etário, onde a função exercida está atrelada à idade e maturidade fisiológica do inseto. Nos primeiros dias de vida, atuam como faxineiras e nutrizes (alimentando as larvas e a rainha); na fase intermediária, assumem o papel de engenheiras e guardiãs; e, a partir do 21º dia, tornam-se campeiras, deixando a colmeia para o forrageamento (Gallo *et al.*, 2002). É justamente nessa última fase,

durante a coleta de recursos florais, que as abelhas realizam a polinização, mas também se tornam mais suscetíveis à exposição a agentes estressores externos.

O crescimento exponencial da população humana exigiu uma intensificação na produção de alimentos, tornando a agricultura moderna dependente de agrotóxicos para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Visto que as abelhas buscam alimento em áreas de cultivo intensivo, essa sobreposição de habitats gera um desafio ecológico, pois o mesmo ambiente que fornece recursos florais também as expõe a uma possível contaminação. Assim, o uso inadequado de agrotóxicos consolidou-se como uma das maiores causas do desaparecimento desses polinizadores (Goulson, 2013; Colin *et al.*, 2019).

A exposição das abelhas aos agrotóxicos pode desencadear dois tipos principais de contaminação. Quando os recursos coletados pelas abelhas apresentam concentrações de agrotóxicos superiores ou iguais a DL_{50} , ocorre a contaminação aguda das abelhas, o que provoca sua mortalidade em curto espaço de tempo (Johnson, R. M., 2015). Em contrapartida, a contaminação crônica advém da exposição prolongada a doses subletais. Embora não cause morte imediata, a toxicidade provoca danos silenciosos na fisiologia, comportamento, neurobiologia e imunidade das abelhas, comprometendo de forma gradual a viabilidade e o bem-estar de toda a colônia (Sanchez-Bayo; Goka, 2016).

Avaliando as limitações dos ensaios toxicológicos clássicos, que muitas vezes falham em detectar danos subletais crônicos, abordagens de genética molecular emergiram como ferramentas indispensáveis para a conservação dos polinizadores. Com os avanços no sequenciamento de próxima geração (NGS), estudos transcriptômicos têm permitido investigar minuciosamente como as abelhas respondem aos estressores ambientais a nível celular (Costa *et al.*, 2022; Grozinger; Zayed, 2020)

A exposição a neurotoxinas, como grande parte dos inseticidas agrícolas, gera alterações nos padrões de expressão gênica do cérebro das abelhas. Tais alterações afetam vias relacionadas à formação de memória, respostas imunes, metabolismo e longevidade (Lv *et al.*, 2026; Wang, H. *et al.*, 2025). Como o cérebro (dividido em protocérebro, deutocérebro e tritocérebro) é o principal órgão alvo dessas moléculas, a identificação precoce de genes diferencialmente expressos permite uma melhor compreensão dos possíveis impactos nesses polinizadores (Azevedo *et al.*, 2022). Dessa forma, entender os efeitos dos agrotóxicos antes que ocorra efetivamente o declínio daquela população desponta como um caminho promissor para desenhar estratégias eficazes de proteção e manejo sustentável frente aos desafios da agricultura contemporânea.

5. CONCLUSÃO

A exposição crônica à associação de sulfoxaflor e clorpirifós via cera não afeta as abelhas de maneira uniforme, concentrando seus danos na fase larval. As larvas representam o elo mais vulnerável da colônia, apresentando um quadro de exaustão metabólica caracterizado pela ativação de vias de desintoxicação (complexo Citocromo P450), desregulação no metabolismo de aminoácidos e colapso das defesas imunes inatas devido ao bloqueio das vias Toll e Imd.

Em contrapartida, as fases adultas (nutrizes e campeiras) demonstram estabilidade na expressão dos genes, o que sugere um viés de sobrevivência na metamorfose, onde apenas as larvas mais resilientes completam o desenvolvimento. Essa resistência pode ser atribuída a mecanismos como a remodelação da cutícula, o comportamento de forrageamento e a nutrição com pólen. Assim, conclui-se que a avaliação de risco ecológico deve considerar os efeitos subletais da contaminação de matrizes estruturais, evidenciando que a integridade da cera é importante para a homeostase de *A. mellifera*.

REFERÊNCIAS

- AL NAGGAR, Y.; WUBET, T. Chronic exposure to pesticides disrupts the bacterial and fungal co-existence and the cross-kingdom network characteristics of honey bee gut microbiome. **Science of The Total Environment**, v. 906, p. 167530, jan. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167530>.
- ALKASSAB, A. T.; BISCHOFF, G.; THORBAHN, D.; FROMMBERGER, M.; PISTORIUS, J. Transfer of xenobiotics from contaminated beeswax into different bee matrices under field conditions and the related exposure probability. **Chemosphere**, v. 307, p. 135615, nov. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135615>.
- ANSALONI, L. S.; KRISTL, J.; DOMINGUES, C. E. C.; GREGORC, A. An Overview of the Nutritional Requirements of Honey Bees (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758). **Insects**, v. 16, n. 1, p. 97, 18 jan. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects16010097>.
- ARAÚJO, R. D. S.; VIANA, T. A.; BOTINA, L. L.; BASTOS, D. S. S.; DA SILVA ALVES, B. C.; MACHADO-NEVES, M.; BERNARDES, R. C.; MARTINS, G. F. Investigating the effects of mesotrione/atrazine-based herbicide on honey bee foragers. **Science of The Total Environment**, v. 898, p. 165526, nov. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165526>.
- ARRESE, E. L.; SOULAGES, J. L. Insect Fat Body: Energy, Metabolism, and Regulation. **Annual Review of Entomology**, v. 55, n. 1, p. 207–225, 1 jan. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-112408-085356>.
- ARRUDA, J. B. F.; BOTELHO, B. D.; CARVALHO, T. C. Diagnóstico da cadeia produtiva da apicultura: um estudo de caso. 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/13123>. Acesso em: 13 abr. 2026.
- ASTOLFI, A.; KADRI, S. M.; DE CASTRO LIPPI, I. C.; MENDES, D. D.; ALONSO, D. P.; RIBOLLA, P. E. M.; DE OLIVEIRA ORSI, R. Field relevant doses of the fipronil affects gene expression in honey bees *Apis mellifera*. **Apidologie**, v. 53, n. 6, p. 69, dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00978-7>.
- AZEVEDO, P.; BUTOLO, N. P.; DE ALENCAR, L. D.; LIMA, H. M. S.; SALES, V. R.; MALASPINA, O.; NOCELLI, R. C. F. Optimization of in vitro culture of honeybee nervous tissue for pesticide risk assessment. **Toxicology in Vitro**, v. 84, p. 105437, out. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2022.105437>.
- AZPIAZU, C.; MEDINA, P.; SGOLASTRA, F.; MORENO-DELAFUENTE, A.; VIÑUELA, E. Pesticide residues in nectar and pollen of melon crops: Risk to pollinators and effects of a specific pesticide mixture on *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) micro-colonies. **Environmental Pollution**, v. 326, p. 121451, jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121451>.
- BARASCOU, L.; BRUNET, J.-L.; BELZUNCES, L.; DECOURTYE, A.; HENRY, M.; FOURRIER, J.; LE CONTE, Y.; ALAUX, C. Pesticide risk assessment in honeybees: Toward

the use of behavioral and reproductive performances as assessment endpoints. **Chemosphere**, v. 276, p. 130134, ago. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130134>.

BELDEN, J. B.; BRAIN, R. A. Incorporating the joint toxicity of co-applied pesticides into the ecological risk assessment process. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 14, n. 1, p. 79–91, 1 jun. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ieam.1957>.

BEN ABDELKADER, F.; ÇAKMAK, İ.; ÇAKMAK, S. S.; NUR, Z.; İNCEBIYIK, E.; AKTAR, A.; ERDOST, H. Toxicity assessment of chronic exposure to common insecticides and bee medications on colony development and drones sperm parameters. **Ecotoxicology**, v. 30, n. 5, p. 806–817, jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02416-3>.

BENUSZAK, J.; LAURENT, M.; CHAUZAT, M.-P. The exposure of honey bees (*Apis mellifera*; Hymenoptera: Apidae) to pesticides: Room for improvement in research. **Science of The Total Environment**, v. 587–588, p. 423–438, jun. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.062>.

BEYER, M.; LENOUEVEL, A.; GUIGNARD, C.; EICKERMANN, M.; CLERMONT, A.; KRAUS, F.; HOFFMANN, L. Pesticide residue profiles in bee bread and pollen samples and the survival of honeybee colonies—a case study from Luxembourg. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 32, p. 32163–32177, 1 nov. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3187-4>.

BOGDANOV, S. Beeswax: Production, Properties, Composition, Control. **Bee Product Science**, 1 abr. 2016.

BOKŠOVÁ, A.; KAZDA, J.; STEJSKALOVÁ, M.; ŠUBRT, T.; UTTL, L.; MRÁZ, P.; BARTOŠKA, J. Findings of herbicide and fungicide residues in bee bread. **Plant, Soil and Environment**, v. 67, n. 6, p. 343–352, 30 jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.17221/135/2021-PSE>.

BRUTSCHER, L. M.; DAUGHENBAUGH, K. F.; FLENNIKEN, M. L. Antiviral defense mechanisms in honey bees. **Current Opinion in Insect Science**, v. 10, p. 71–82, ago. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.04.016>.

BUENO, E. M.; MCILHENNY, C. L.; CHEN, Y. H. Cross-protection interactions in insect pests: Implications for pest management in a changing climate. **Pest Management Science**, v. 79, n. 1, p. 9–20, jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.7191>.

CACCIA, S.; CASARTELLI, M.; TETTAMANTI, G. The amazing complexity of insect midgut cells: types, peculiarities, and functions. **Cell and Tissue Research**, v. 377, n. 3, p. 505–525, set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00441-019-03076-w>.

CAMILI, M. P.; KADRI, S. M.; ALVAREZ, M. V. N.; RIBOLLA, P. E. M.; ORSI, R. O. Zinc supplementation modifies brain tissue transcriptome of *Apis mellifera* honeybees. **BMC Genomics**, v. 23, n. 1, p. 282, dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12864-022-08464-1>.

CANG, T.; LOU, Y.; ZHU, Y.-C.; LI, W.; WENG, H.; LV, L.; WANG, Y. Mixture toxicities of tetrachlorantraniliprole and tebuconazole to honey bees (*Apis mellifera* L.) and the potential mechanism. **Environment International**, v. 172, p. 107764, fev. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107764>.

CARNEIRO, L. S.; MARTINEZ, L. C.; OLIVEIRA, A. H. D.; COSSOLIN, J. F. S.; RESENDE, M. T. C. S. D.; GONÇALVES, W. G.; MEDEIROS-SANTANA, L.; SERRÃO, J. E. Acute oral exposure to imidacloprid induces apoptosis and autophagy in the midgut of honey bee *Apis mellifera* workers. **Science of The Total Environment**, v. 815, p. 152847, abr. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152847>.

CARNESECCHI, E.; SVENDSEN, C.; LASAGNI, S.; GRECH, A.; QUIGNOT, N.; AMZAL, B.; TOMA, C.; TOSI, S.; RORTAIS, A.; CORTINAS-ABRAHANTES, J.; CAPRI, E.; KRAMER, N.; BENFENATI, E.; SPURGEON, D.; GUILLOT, G.; DORNE, J. L. C. M. Investigating combined toxicity of binary mixtures in bees: Meta-analysis of laboratory tests, modelling, mechanistic basis and implications for risk assessment. **Environment International**, v. 133, p. 105256, dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105256>.

CASTEELS, P.; AMPE, C.; RIVIERE, L.; VAN DAMME, J.; ELICONE, C.; FLEMING, M.; JACOBS, F.; TEMPST, P. Isolation and characterization of abaecin, a major antibacterial response peptide in the honeybee (*Apis mellifera*). **European Journal of Biochemistry**, v. 187, n. 2, p. 381–386, jan. 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1990.tb15315.x>.

CASTELLI, L.; BRANCHICCELA, B.; ZUNINO, P.; ANTÚNEZ, K. Insights into the effects of sublethal doses of pesticides glufosinate-ammonium and sulfoxaflor on honey bee health. **Science of The Total Environment**, v. 868, p. 161331, abr. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161331>.

CHEN, Xiaozhen; WANG, F.; GUO, H.; LIU, X.; WU, S.; LV, L.; TANG, T. Uncovering hidden dangers: The combined toxicity of abamectin and lambda-cyhalothrin on honey bees. **Science of The Total Environment**, v. 933, p. 173126, jul. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173126>.

CHEN, Xiasang; LI, A.; YIN, L.; KE, L.; DAI, P.; LIU, Y.-J. Early-Life Sublethal Thiacloprid Exposure to Honey Bee Larvae: Enduring Effects on Adult Bee Cognitive Abilities. **Toxics**, v. 12, n. 1, p. 18, 23 dez. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxics12010018>.

CHENG, S.; DAI, P.; LI, R.; CHEN, Z.; LIANG, P.; XIE, X.; ZHEN, C.; GAO, X. The sulfoximine insecticide sulfoxaflor exposure reduces the survival status and disrupts the intestinal metabolism of the honeybee *Apis mellifera*. **Journal of Hazardous Materials**, v. 442, p. 130109, jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130109>.

CHENG, W.; LI, X.; ZHOU, Y.; YU, H.; XIE, Y.; GUO, H.; WANG, H.; LI, Y.; FENG, Y.; WANG, Y. Polystyrene microplastics induce hepatotoxicity and disrupt lipid metabolism in the liver organoids. **Science of The Total Environment**, v. 806, p. 150328, fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150328>.

CHRISTEN, V.; SCHIRRMANN, M.; FREY, J. E.; FENT, K. Global Transcriptomic Effects of Environmentally Relevant Concentrations of the Neonicotinoids Clothianidin, Imidacloprid, and Thiamethoxam in the Brain of Honey Bees (*Apis mellifera*).

Environmental Science & Technology, v. 52, n. 13, p. 7534–7544, 3 jul. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01801>.

CLUZEAU, S. Avaliação de risco de produtos fitofarmacêuticos para abelhas melíferas: Aspectos regulatórios. **Abelhas Melíferas**. [S.l.]: [S.n.], 2002. p. 14.

COLIN, T.; MEIKLE, W. G.; WU, X.; BARRON, A. B. Traces of a Neonicotinoid Induce Precocious Foraging and Reduce Foraging Performance in Honey Bees. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 14, p. 8252–8261, 16 jul. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b02452>.

COSTA, C. P.; LEZA, M.; DUENNES, M. A.; FISHER, K.; VOLLARO, A.; HUR, M.; KIRKWOOD, J. S.; WOODARD, S. H. Pollen diet mediates how pesticide exposure impacts brain gene expression in nest-founding bumble bee queens. **Science of The Total Environment**, v. 833, p. 155216, 10 ago. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155216>.

CRAILSHEIM, K. The protein balance of the honey bee worker. **Apidologie**, v. 21, n. 5, p. 417–429, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/apido:19900504>.

CRAILSHEIM, Karl. The flow of jelly within a honeybee colony. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 162, n. 8, p. 681–689, dez. 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00301617>.

CRAILSHEIM, Karl. Trophallactic interactions in the adult honeybee (*Apis mellifera* L.). **Apidologie**, v. 29, n. 1–2, p. 97–112, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/apido:19980106>.

CRUMPTON, T. L.; SEIDLER, F. J.; SLOTKIN, T. A. Developmental neurotoxicity of chlorpyrifos in vivo and in vitro: effects on nuclear transcription factors involved in cell replication and differentiation. **Brain Research**, v. 857, n. 1–2, p. 87–98, fev. 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0006-8993\(99\)02357-4](https://doi.org/10.1016/S0006-8993(99)02357-4).

DAINESE, M.; MARTIN, E. A.; AIZEN, M. A.; ALBRECHT, M.; BARTOMEUS, I.; BOMMARCO, R.; CARVALHEIRO, L. G.; CHAPLIN-KRAMER, R.; GAGIC, V.; GARIBALDI, L. A.; GHAZOUL, J.; GRAB, H.; JONSSON, M.; KARP, D. S.; KENNEDY, C. M.; KLEIJN, D.; KREMEN, C.; LANDIS, D. A.; LETOURNEAU, D. K.; MARINI, L.; POVEDA, K.; RADER, R.; SMITH, H. G.; TSCHARNTKE, T.; ANDERSSON, G. K. S.; BADENHAUSSER, I.; BAENSCH, S.; BEZERRA, A. D. M.; BIANCHI, F. J. J. A.; BOREUX, V.; BRETAGNOLLE, V.; CABALLERO-LOPEZ, B.; CAVIGLIASSO, P.; ČETKOVIĆ, A.; CHACOFF, N. P.; CLASSEN, A.; CUSSE, S.; DA SILVA E SILVA, F. D.; DE GROOT, G. A.; DUDENHÖFFER, J. H.; EKROOS, J.; FIJEN, T.; FRANCK, P.; FREITAS, B. M.; GARRATT, M. P. D.; GRATTON, C.; HIPÓLITO, J.; HOLZSCHUH, A.; HUNT, L.; IVERSON, A. L.; JHA, S.; KEASAR, T.; KIM, T. N.; KISHINEVSKY, M.; KLATT, B. K.; KLEIN, A.-M.; KREWENKA, K. M.; KRISHNAN, S.; LARSEN, A. E.; LAVIGNE, C.; LIERE, H.; MAAS, B.; MALLINGER, R. E.; MARTINEZ PACHON, E.; MARTÍNEZ-SALINAS, A.; MEEHAN, T. D.; MITCHELL, M. G. E.; MOLINA, G. A. R.; NESPER, M.; NILSSON, L.; O’ROURKE, M. E.; PETERS, M. K.; PLEČAŠ, M.; POTTS, S.

G.; RAMOS, D. D. L.; ROSENHEIM, J. A.; RUNDLÖF, M.; RUSCH, A.; SÁEZ, A.; SCHEPER, J.; SCHLEUNING, M.; SCHMACK, J. M.; SCILIGO, A. R.; SEYMOUR, C.; STANLEY, D. A.; STEWART, R.; STOUT, J. C.; SUTTER, L.; TAKADA, M. B.; TAKI, H.; TAMBURINI, G.; TSCHUMI, M.; VIANA, B. F.; WESTPHAL, C.; WILLCOX, B. K.; WRATTEN, S. D.; YOSHIOKA, A.; ZARAGOZA-TRELLO, C.; ZHANG, W.; ZOU, Y.; STEFFAN-DEWENTER, I. A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. **Science Advances**, v. 5, n. 10, p. eaax0121, 11 out. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0121>.

DE ANDRADE, J. C.; GALVAN, D.; KATO, L. S.; CONTE-JUNIOR, C. A. Consumption of fruits and vegetables contaminated with pesticide residues in Brazil: A systematic review with health risk assessment. **Chemosphere**, v. 322, p. 138244, maio 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138244>.

DE CASTRO LIPPI, I. C.; DA LUZ SCHEFFER, J.; DE LIMA, Y. S.; LUNARDI, J. S.; ASTOLFI, A.; KADRI, S. M.; ALVAREZ, M. V. N.; DE OLIVEIRA ORSI, R. Intake of imidacloprid in lethal and sublethal doses alters gene expression in *Apis mellifera* bees. **Science of The Total Environment**, v. 940, p. 173393, ago. 2024a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173393>.

DE CASTRO LIPPI, I. C.; DA LUZ SCHEFFER, J.; DE LIMA, Y. S.; LUNARDI, J. S.; ASTOLFI, A.; KADRI, S. M.; ALVAREZ, M. V. N.; DE OLIVEIRA ORSI, R. Intake of imidacloprid in lethal and sublethal doses alters gene expression in *Apis mellifera* bees. **Science of The Total Environment**, v. 940, p. 173393, ago. 2024b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173393>.

DE F MICHELETTE, E. R.; SOARES, A. E. E. Characterization of preimaginal developmental stages in Africanized honey bee workers (*Apis mellifera* L). **Apidologie**, v. 24, n. 4, p. 431–440, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/apido:19930410>.

DE SOUZA, A. P. F.; RODRIGUES, N. R.; FERNÁNDEZ-ALBA, A. R.; REYES REYES, F. G. Occurrence of pesticide residues in Brazilian *Apis mellifera* beeswax by gas chromatography-tandem mass spectrometry and pesticide hazard evaluation. **Journal of Apicultural Research**, v. 63, n. 3, p. 523–529, 26 maio 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2043228>.

DEGRANDI-HOFFMAN, G.; CHEN, Y.; SIMONDS, R. The Effects of Pesticides on Queen Rearing and Virus Titers in Honey Bees (*Apis mellifera* L.). **Insects**, v. 4, n. 1, p. 71–89, 4 jan. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects4010071>.

DELLA VECHIA, J. F.; VAN LEEUWEN, T.; ROSSI, G. D.; ANDRADE, D. J. The role of detoxification enzymes in the susceptibility of *Brevipalpus californicus* exposed to acaricide and insecticide mixtures. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 175, p. 104855, jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104855>.

DEVILLERS, J.; PHAM-DELEGUE, M.-H. **Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals**. [S.l.]: CRC Press, 21 fev. 2002. 347 p.

DEVKOTA, K.; FERREIRA, A. B.; TIMBERLAKE, T. P.; DOS SANTOS, C. F. The impact of pollinator decline on global protein production: Implications for livestock and plant-based

products. **Global Ecology and Conservation**, v. 50, p. e02815, abr. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e02815>.

DI NOI, A.; CASINI, S.; CAMPANI, T.; CAI, G.; CALIANI, I. Review on Sublethal Effects of Environmental Contaminants in Honey Bees (*Apis mellifera*), Knowledge Gaps and Future Perspectives. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 4, p. 1863, 14 fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18041863>.

DICKEY, M.; WALSH, E. M.; SHEPHERD, T. F.; MEDINA, R. F.; TARONE, A.; RANGEL, J. Transcriptomic analysis of the honey bee (*Apis mellifera*) queen brain reveals that gene expression is affected by pesticide exposure during development. **PLOS ONE**, v. 18, n. 4, p. e0284929, 27 abr. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284929>.

DOGANTZIS, K. A.; ZAYED, A. Recent advances in population and quantitative genomics of honey bees. **Current Opinion in Insect Science**, v. 31, p. 93–98, fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.11.010>.

DOS SANTOS, C. F.; OTESBELGUE, A.; BLOCHTEIN, B. The dilemma of agricultural pollination in Brazil: Beekeeping growth and insecticide use. **PLOS ONE**, v. 13, n. 7, p. e0200286, 6 jul. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200286>.

DUNLEAVY, K. A.; RAFFALS, L. E.; CAMILLERI, M. Intestinal Barrier Dysfunction in Inflammatory Bowel Disease: Underpinning Pathogenesis and Therapeutics. **Digestive Diseases and Sciences**, v. 68, n. 12, p. 4306–4320, dez. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10620-023-08122-w>.

DZIARSKI, R.; GUPTA, D. The peptidoglycan recognition proteins (PGRPs). **Genome Biology**, v. 7, n. 8, p. 232, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/gb-2006-7-8-232>.

EASTMOND, D. A.; BALAKRISHNAN, S. Genotoxicity of Pesticides. **Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology**. [S.l.]: Elsevier, 2010. p. 357–380. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374367-1.00011-2>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123743671000112>. Acesso em: 28 maio 2026.

ELMORE, S. Apoptosis: A Review of Programmed Cell Death. **Toxicologic Pathology**, v. 35, n. 4, p. 495–516, jun. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01926230701320337>.

EMBRAPA. 2026. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/qualidade/dinamica/agrotoxicos-no-brasil>. Acesso em: 10 abr. 2026.

ENCERRADO-MANRIQUEZ, A. M.; POUV, A. K.; FINE, J. D.; NICKLISCH, S. C. T. Enhancing knowledge of chemical exposures and fate in honey bee hives: Insights from colony structure and interactions. **Science of The Total Environment**, v. 916, p. 170193, 15 mar. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170193>.

EVANS, J. D.; ARONSTEIN, K.; CHEN, Y. P.; HETRU, C.; IMLER, J. -L.; JIANG, H.; KANOST, M.; THOMPSON, G. J.; ZOU, Z.; HULTMARK, D. Immune pathways and

defence mechanisms in honey bees *Apis mellifera*. **Insect Molecular Biology**, v. 15, n. 5, p. 645–656, out. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2583.2006.00682.x>.

FALCÓN-PIÑEIRO, A.; BAÑOS, A.; MARTÍN-HERNÁNDEZ, R.; HIGES, M. Assessing the safety of two organosulfur compounds derived from onion in western honey bee (*Apis mellifera*). **Scientific Reports**, v. 16, n. 1, p. 4674, 28 jan. 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-34867-7>.

FAO. Agricultural production statistics (2000–2020). **Statistics**. 2021. Disponível em: [https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/New-FAOSTAT-data-release-Agricultural-production-statistics-\(2000-2020\)/en](https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/New-FAOSTAT-data-release-Agricultural-production-statistics-(2000-2020)/en). Acesso em: 13 abr. 2026.

FEDOR, J. G.; KANDASAMY, R.; PARK, C.-G.; SUO, Y.; WEISEL, M.; RANKL, N. B.; NESTEROV, A.; LEE, S.-Y. Visualizing insecticide control of insect TRP channel function and assembly. **Nature Communications**, v. 17, n. 1, p. 595, 14 dez. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-67287-2>.

FREITAS, B. M.; KLEIN, A.-M.; BOMFIM, I. G. A.; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; OLIVEIRA, M. O. 'Polinização agrícola por insetos no Brasil : um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas. **Albert-Ludwigs-Universität Freiburg**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.6094/UNIFR/151237>. Disponível em: <https://freidok.uni-freiburg.de/data/151237>. Acesso em: 13 abr. 2026.

FRIEDLE, C.; WALLNER, K.; ROSENKRANZ, P.; MARTENS, D.; VETTER, W. Pesticide residues in daily bee pollen samples (April–July) from an intensive agricultural region in Southern Germany. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 18, p. 22789–22803, 1 maio 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12318-2>.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. Entomologia agrícola. 2002. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001252172>. Acesso em: 13 abr. 2026.

GAUBERT, J.; GIOVENAZZO, P.; DEROME, N. Individual and social defenses in *Apis mellifera*: a playground to fight against synergistic stressor interactions. **Frontiers in Physiology**, v. 14, p. 1172859, 7 jul. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1172859>.

GHUYSEN, J.-M.; HAKENBECK, R. **Bacterial Cell Wall**. [S.l.]: Elsevier, 9 fev. 1994. 607 p.

GIESY, J. P.; SOLOMON, K. R. (org.). **Ecological Risk Assessment for Chlorpyrifos in Terrestrial and Aquatic Systems in the United States**. Cham: Springer International Publishing, 2014. (Reviews of Environmental Contamination and Toxicology). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-03865-0>. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-03865-0>. Acesso em: 7 abr. 2026.

GLINSKI, D. A.; PURUCKER, S. T.; MINUCCI, J. M.; RICHARDSON, R. T.; LIN, C.-H.; JOHNSON, R. M.; HENDERSON, W. M. Analysis of contaminant residues in honey bee hive matrices. **Science of The Total Environment**, v. 954, p. 176329, dez. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176329>.

- GONÇALVES, W. G.; FERNANDES, K. M.; SANTANA, W. C.; MARTINS, G. F.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Post-embryonic changes in the hindgut of honeybee *Apis mellifera* workers: Morphology, cuticle deposition, apoptosis, and cell proliferation. **Developmental Biology**, v. 431, n. 2, p. 194–204, nov. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2017.09.020>.
- GOULSON, D. Neonicotinoids and bees: What's all the buzz? **Significance**, v. 10, n. 3, p. 6–11, jun. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1740-9713.2013.00658.x>.
- GROZINGER, C. M.; ZAYED, A. Improving bee health through genomics. **Nature Reviews Genetics**, v. 21, n. 5, p. 277–291, maio 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41576-020-0216-1>.
- HARRIET, J.; CAMPÁ, J. P.; GRAJALES, M.; LHÉRITIER, C.; GÓMEZ PAJUELO, A.; MENDOZA-SPINA, Y.; CARRASCO-LETELIER, L. Agricultural pesticides and veterinary substances in Uruguayan beeswax. **Chemosphere**, v. 177, p. 77–83, jun. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.131>.
- HAYDAK, M. H. Honey Bee Nutrition. **Annual Review of Entomology**, v. 15, n. 1, p. 143–156, jan. 1970. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.15.010170.001043>.
- HELLER, S.; JOSHI, N. K.; CHEN, J.; RAJOTTE, E. G.; MULLIN, C.; BIDDINGER, D. J. Pollinator exposure to systemic insecticides and fungicides applied in the previous fall and pre-bloom period in apple orchards. **Environmental Pollution**, v. 265, p. 114589, out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114589>.
- IBRAHIM, E.-D. S.; ABD ALLA, A. E.; EL-MASARAWY, M. S.; SALEM, R. A.; HASSAN, N. N.; MOUSTAFA, M. A. M. Sulfoxaflor influences the biochemical and histological changes on honeybees (*Apis mellifera* L.). **Ecotoxicology**, v. 32, n. 5, p. 674–681, 1 jul. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10646-023-02677-0>.
- JANOUSEK, W. M.; DOUGLAS, M. R.; CANNINGS, S.; CLÉMENT, M. A.; DELPHIA, C. M.; EVERETT, J. G.; HATFIELD, R. G.; KEINATH, D. A.; KOCH, J. B. U.; MCCABE, L. M.; MOLA, J. M.; OGILVIE, J. E.; RANGWALA, I.; RICHARDSON, L. L.; ROHDE, A. T.; STRANGE, J. P.; TRONSTAD, L. M.; GRAVES, T. A. Recent and future declines of a historically widespread pollinator linked to climate, land cover, and pesticides. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 120, n. 5, p. e2211223120, 31 jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.2211223120>.
- JIANG, H.; CHEN, J.; ZHAO, C.; TIAN, Y.; ZHANG, Z.; XU, H. Sulfoxaflor Residues in Pollen and Nectar of Cotton Applied through Drip Irrigation and Their Potential Exposure to *Apis mellifera* L. **Insects**, v. 11, n. 2, p. 114, 10 fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects11020114>.
- JOHNSON, B. R. Honey Bee Biology. p. 1–512, 2023.
- JOHNSON, R. M. Honey Bee Toxicology. **Annual Review of Entomology**, v. 60, n. 1, p. 415–434, 7 jan. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011613-162005>.

KAST, C.; DROZ, B.; KILCHENMANN, V. Toxicity of Coumaphos Residues in Beeswax Foundation to the Honey Bee Brood. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 42, n. 8, p. 1816–1822, 1 ago. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/etc.5645>.

KAST, C.; KILCHENMANN, V. An in vitro model for assessing the toxicity of pesticides in beeswax on honey bee larvae. **Chemosphere**, v. 287, p. 132214, jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132214>.

KATO, D.; MIURA, K.; YOKOI, K. Analysis of the Toll and Spaetzle Genes Involved in Toll Pathway-Dependent Antimicrobial Gene Induction in the Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera; Tenebrionidae). **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 2, p. 1523, 12 jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms24021523>.

KHALIFA, S. A. M.; ELSHAFIEY, E. H.; SHETAIA, A. A.; EL-WAHED, A. A. A.; ALGETHAMI, A. F.; MUSHARRAF, S. G.; ALAJMI, M. F.; ZHAO, C.; MASRY, S. H. D.; ABDEL-DAIM, M. M.; HALABI, M. F.; KAI, G.; AL NAGGAR, Y.; BISHR, M.; DIAB, M. A. M.; EL-SEEDI, H. R. Overview of Bee Pollination and Its Economic Value for Crop Production. **Insects**, v. 12, n. 8, p. 688, 31 jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects12080688>.

KIELISZEK, M.; PIWOWAREK, K.; KOT, A. M.; WOJTCZUK, M.; ROSZKO, M.; BRYŁA, M.; TRAJKOVSKA PETKOSKA, A. Recent advances and opportunities related to the use of bee products in food processing. **Food Science & Nutrition**, v. 11, n. 8, p. 4372–4397, ago. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3411>.

KIM, J.; CHON, K.; KIM, B.-S.; OH, J.-A.; YOON, C.-Y.; PARK, H.-H. Assessment of acute and chronic toxicity of cyantraniliprole and sulfoxaflor on honey bee (*Apis mellifera*) larvae. **Pest Management Science**, v. 78, n. 12, p. 5402–5412, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.7162>.

KRUPKE, C. H.; HUNT, G. J.; EITZER, B. D.; ANDINO, G.; GIVEN, K. Multiple Routes of Pesticide Exposure for Honey Bees Living Near Agricultural Fields. **PLoS ONE**, v. 7, n. 1, p. e29268, 3 jan. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029268>.

LANDIM, C. D. C. **Abelhas: morfologia e função de sistemas**. [S.l.]: Editora UNESP, 2009. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788539304301>. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/ycbnw>. Acesso em: 23 maio 2026.

LI, S.; YU, X.; FENG, Q. Fat Body Biology in the Last Decade. **Annual Review of Entomology**, v. 64, n. 1, p. 315–333, 7 jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011118-112007>.

LI, Wanting; WANG, B.; YUAN, Y.; WANG, S. Spatiotemporal distribution patterns and ecological risk of multi-pesticide residues in the surface water of a typical agriculture area in China. **Science of The Total Environment**, v. 870, p. 161872, abr. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161872>.

LI, Wei; XIAO, H.; WU, H.; PAN, C.; DENG, K.; XU, X.; ZHANG, Y. Analysis of environmental chemical mixtures and nonalcoholic fatty liver disease: NHANES 1999–2014. **Environmental Pollution**, v. 311, p. 119915, out. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119915>.

- LI, Z.; LI, M.; HE, J.; ZHAO, X.; CHAIMANEE, V.; HUANG, W.-F.; NIE, H.; ZHAO, Y.; SU, S. Differential physiological effects of neonicotinoid insecticides on honey bees: A comparison between *Apis mellifera* and *Apis cerana*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 140, p. 1–8, ago. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.06.010>.
- LIMA, Y. S.; DE CASTRO LIPPI, I. C.; DA LUZ SCHEFFER, J.; LUNARDI, J. S.; ALVAREZ, M. V. N.; KADRI, S. M.; DE OLIVEIRA ORSI, R. Food contamination with fipronil alters gene expression associated with foraging in Africanized honey bees. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 39, p. 52267–52278, 15 ago. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34695-8>.
- LIU, X.; WANG, C.; ZHU, W.; LV, L.; WANG, X.; WANG, Y.; WANG, Z.; GAI, X. Influence of triflumezopyrim and triadimefon co-exposure on enzymatic activity and gene expression changes in honey bees (*Apis mellifera* L.). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 208, p. 106269, mar. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2024.106269>.
- LIU, X.; ZHU, W.; GAI, X.; LIU, S.; WANG, C.; LV, L.; WANG, Y.; WANG, X.; LU, Z.; WANG, Z. Synergistic disruption of detoxification, immunity, and neural pathways in honeybees following co-exposure to cyantraniliprole and difenoconazole. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 214, p. 106640, nov. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2025.106640>.
- LIU, Y.; ZHAO, X.; NAEEM, M.; AN, J. Crystal structure of peptidoglycan recognition protein SA in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Protein Science**, v. 27, n. 4, p. 893–897, abr. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/pro.3383>.
- LOPES, M. T. do R. Pólen apícola: características da produção e da qualidade. 2022.
- LOPEZ, R. Bacteriophages of *Streptococcus pneumoniae*. **Clinical Infectious Diseases**, v. 3, n. 2, p. 212–223, 1 mar. 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/clinids/3.2.212>.
- LOURENÇO, A. P.; FLORECKI, M. M.; SIMÕES, Z. L. P.; EVANS, J. D. Silencing of *Apis mellifera* dorsal genes reveals their role in expression of the antimicrobial peptide *defensin-1*. **Insect Molecular Biology**, v. 27, n. 5, p. 577–589, out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/imb.12498>.
- LV, L.; CHEN, L.; SUO, Y.; WANG, D.; MAO, L.; CANG, T.; WANG, Y.; LIU, X. Joint exposure to sulfoxaflor and prochloraz alters enzymatic and genetic profiles in honey bees (*Apis mellifera* L.). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 218, p. 106953, mar. 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2026.106953>.
- LV, L.; LI, W.; LI, X.; WANG, D.; WENG, H.; ZHU, Y.-C.; WANG, Y. Mixture toxic effects of thiacloprid and cyproconazole on honey bees (*Apis mellifera* L.). **Science of The Total Environment**, v. 870, p. 161700, abr. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161700>.
- MA, C.; SHI, X.; CHEN, S.; HAN, J.; BAI, H.; YU, H.; LI, Z.; LI-BYARLAY, H.; BAI, L. Synergistic effects of multiple pesticides on the flight ability of honey bees (*Apis cerana* F.). **Animal Behavior and Cognition**, 24 maio 2023. DOI:

<https://doi.org/10.1101/2023.05.22.541595>. Disponível em:
<http://biorxiv.org/lookup/doi/10.1101/2023.05.22.541595>. Acesso em: 8 abr. 2026.

MALLADI, S.; SUKKAR, D.; BONNEFOY, A.; FALLA-ANGEL, J.; LAVAL-GILLY, P. Imidacloprid and acetamiprid synergistically downregulate spaetzle and myD88 of the Toll pathway in haemocytes of the European honeybee (*Apis mellifera*). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 104, p. 104323, nov. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2023.104323>.

MARTI, J. N. G.; KILCHENMANN, V.; KAST, C. Evaluation of pesticide residues in commercial Swiss beeswax collected in 2019 using ultra-high performance liquid chromatographic analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 21, p. 32054–32064, maio 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18363-9>.

MARTINHO, C.; FERRADEIRA, C.; CATITA, J.; FAUSTINO-ROCHA, A. APICULTURA: REVISÃO DE LITERATURA. **Revista Lusófona de Ciência e Medicina Veterinária**, p. 1-17 Páginas, 3 ago. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.60543/RLCMV.V12I1.8343>.

MILONE, J. P.; TARPY, D. R. Effects of developmental exposure to pesticides in wax and pollen on honey bee (*Apis mellifera*) queen reproductive phenotypes. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1020, 13 jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80446-3>.

MULLIN, C. A.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J. L.; ASHCRAFT, S.; SIMONDS, R.; VANENGELSDORP, D.; PETTIS, J. S. High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. **PLoS ONE**, v. 5, n. 3, p. e9754, 19 mar. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009754>.

NATION, J. L. **Insect Physiology and Biochemistry**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 19 maio 2022. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003279822>. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781003279822>. Acesso em: 25 maio 2026.

NAUEN, R.; BASS, C.; FEYEREISEN, R.; VONTAS, J. The Role of Cytochrome P450s in Insect Toxicology and Resistance. **Annual Review of Entomology**, v. 67, n. 1, p. 105–124, 7 jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-070621-061328>.

ORANTES-BERMEJO, F. J.; PAJUELO, A. G.; MEGÍAS, M. M.; FERNÁNDEZ-PÍÑAR, C. T. Pesticide residues in beeswax and beebread samples collected from honey bee colonies (*Apis mellifera* L.) in Spain. Possible implications for bee losses. **Journal of Apicultural Research**, v. 49, n. 3, p. 243–250, jan. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.3.03>.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J. M.; AKL, E. A.; BRENNAN, S. E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J. M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M. M.; LI, T.; LODER, E. W.; MAYO-WILSON, E.; MCDONALD, S.; MCGUINNESS, L. A.; STEWART, L. A.; THOMAS, J.; TRICCO, A. C.; WELCH, V. A.; WHITING, P.; MOHER, D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, p. n71, 29 mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.

PAGE, R. E.; ROBINSON, G. E. The Genetics of Division of Labour in Honey Bee Colonies. **Advances in Insect Physiology**. [S.l.]: Elsevier, 1991. v. 23, p. 117–169. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2806\(08\)60093-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(08)60093-4). Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065280608600934>. Acesso em: 13 abr. 2026.

PAMMINGER, T.; BASLEY, K.; GOULSON, D.; HUGHES, W. O. H. Potential acetylcholine-based communication in honeybee haemocytes and its modulation by a neonicotinoid insecticide. **PeerJ**, v. 12, p. e17978, 13 set. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.7717/peerj.17978>.

PISA, L. W.; AMARAL-ROGERS, V.; BELZUNCES, L. P.; BONMATIN, J. M.; DOWNS, C. A.; GOULSON, D.; KREUTZWEISER, D. P.; KRUPKE, C.; LIESS, M.; MCFIELD, M.; MORRISSEY, C. A.; NOOME, D. A.; SETTELE, J.; SIMON-DELISO, N.; STARK, J. D.; VAN DER SLUIJS, J. P.; VAN DYCK, H.; WIEMERS, M. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 1, p. 68–102, jan. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x>.

PORTO, R. G.; DE ALMEIDA, R. F.; CRUZ-NETO, O.; TABARELLI, M.; VIANA, B. F.; PERES, C. A.; LOPES, A. V. Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. **Food Security**, v. 12, n. 6, p. 1425–1442, dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01043-w>.

RAI, M.; PANDIT, R.; GAIKWAD, S.; KÖVICS, G. Antimicrobial peptides as natural bio-preservative to enhance the shelf-life of food. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 9, p. 3381–3394, set. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2318-5>.

RAND, E. E. D.; SMIT, S.; BEUKES, M.; APOSTOLIDES, Z.; PIRK, C. W. W.; NICOLSON, S. W. Detoxification mechanisms of honey bees (*Apis mellifera*) resulting in tolerance of dietary nicotine. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 11779, 2 jul. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep11779>.

ROLANDELLI, A.; NASCIMENTO, A. E. C.; SILVA, L. S.; RIVERA-POMAR, R.; GUARNERI, A. A. Modulation of IMD, Toll, and Jak/STAT Immune Pathways Genes in the Fat Body of *Rhodnius prolixus* During *Trypanosoma rangeli* Infection. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 10, p. 598526, 18 jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.598526>.

SAAD, M.; ABD-ELLA, A.; ABDU-ALLAH, G.; EZZ EL-DIN, H. E.-D.; MAHMOUD, H.; AHMED, A. Toxicological Impact of Certain Pesticides on Honeybee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) under laboratory Conditions. **Assiut Journal of Agricultural Sciences**, v. 54, n. 3, p. 65–77, 1 jul. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.21608/ajas.2023.212231.1257>.

SANCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Impacts of Pesticides on Honey Bees. In: CHAMBO, E. D. (org.). **Beekeeping and Bee Conservation - Advances in Research**. [S.l.]: InTech, 20 maio 2016. DOI: <https://doi.org/10.5772/62487>. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/beekeeping-and-bee-conservation-advances-in-research/impacts-of-pesticides-on-honey-bees>. Acesso em: 13 abr. 2026.

SANCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Pesticide Residues and Bees – A Risk Assessment. **PLoS ONE**, v. 9, n. 4, p. e94482, 9 abr. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094482>.

SANTOS, D. E.; AZEVEDO, D. O.; CAMPOS, L. A. O.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) fat body persists through metamorphosis with a few apoptotic cells and an increased autophagy. **Protoplasma**, v. 252, n. 2, p. 619–627, mar. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00709-014-0707-z>.

SCHEFFER, J. D. L.; LIMA, Y. S.; LIPPI, I. C. D. C.; LUNARDI, J. S.; KADRI, S. M.; ALVAREZ, M. V. N.; ORSI, R. D. O. Glyphosate contact alters the expression of genes in the head of africanized *Apis mellifera* bees. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 11, p. e7697, 11 nov. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv22n11-083>.

SHARMA, A.; KUMAR, V.; SHAHZAD, B.; TANVEER, M.; SIDHU, G. P. S.; HANDA, N.; KOHLI, S. K.; YADAV, P.; BALI, A. S.; PARIHAR, R. D.; DAR, O. I.; SINGH, K.; JASROTIA, S.; BAKSHI, P.; RAMAKRISHNAN, M.; KUMAR, S.; BHARDWAJ, R.; THUKRAL, A. K. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. **SN Applied Sciences**, v. 1, n. 11, p. 1446, nov. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>.

SHEEHAN, G.; GARVEY, A.; CROKE, M.; KAVANAGH, K. Innate humoral immune defences in mammals and insects: The same, with differences ? **Virulence**, v. 9, n. 1, p. 1625–1639, 31 dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/21505594.2018.1526531>.

SILVA, M. G.; ANDRADE, W. C. D.; MEDEIROS, W. P. D.; SILVA, G. V. D.; SILVA, K. J. D. M.; SILVA, R. A. D.; MARACAJÁ, P. B. Análise dos aspectos morfológicos de abelhas africanizadas em ambiente de Caatinga (Brasil). **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 2, n. 2, 28 maio 2020. DOI: <https://doi.org/10.66205/mabra.v2i2.48>. Disponível em: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/48>. Acesso em: 13 abr. 2026.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. 1. ed. Belo Horizonte: Silveira, 2002. 253 p.

SPENCER, E. K.; ELINE, Y.; SAUCEDO, L.; LINZAN, K.; PAULL, K.; MILLER, C. R.; PETERS, T. L.; VAN LEUVEN, J. T. Bacteriophage resistance evolution in a honey bee pathogen. **Microbiology**, 9 jul. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1101/2024.07.09.602782>. Disponível em: <http://biorxiv.org/lookup/doi/10.1101/2024.07.09.602782>. Acesso em: 23 maio 2026.

STAMEREILERS, C.; LEBLANC, L.; YOST, D.; AMY, P. S.; TSOURKAS, P. K. Comparative genomics of 9 novel *Paenibacillus larvae* bacteriophages. **Bacteriophage**, v. 6, n. 3, p. e1220349, 2 jul. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/21597081.2016.1220349>.

SUKKAR, D.; KANSO, A.; LAVAL-GILLY, P.; FALLA-ANGEL, J. A clash on the Toll pathway: competitive action between pesticides and zymosan A on components of innate immunity in *Apis mellifera*. **Frontiers in Immunology**, v. 14, p. 1247582, 11 set. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1247582>.

SUKKAR, D.; WAGNER, L.; BONNEFOY, A.; FALLA-ANGEL, J.; LAVAL-GILLY, P. Diverse alterations and correlations in antioxidant gene expression in honeybee (*Apis mellifera*) hemocytes interacting with microbial pathogen-associated molecular patterns and pesticide cocktails. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 114, p. 104649, mar. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2025.104649>.

TAHA, E.-K. A.; AL-KAHTANI, S.; TAHA, R. Protein content and amino acids composition of bee-pollens from major floral sources in Al-Ahsa, eastern Saudi Arabia. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 2, p. 232–237, 1 fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.06.003>.

TEIXEIRA, A. D. D.; MARQUES-ARAÚJO, S.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Peritrophic membrane origin in adult bees (Hymenoptera): Immunolocalization. **Micron**, v. 68, p. 91–97, jan. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.micron.2014.09.009>.

TOMÉ, H. V. V.; SCHMEHL, D. R.; WEDDE, A. E.; GODOY, R. S. M.; RAVAIANO, S. V.; GUEDES, R. N. C.; MARTINS, G. F.; ELLIS, J. D. Frequently encountered pesticides can cause multiple disorders in developing worker honey bees. **Environmental Pollution**, v. 256, p. 113420, jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113420>.

TOOR, G.; LU, R. X.; RUEPPELL, O. Susceptibility to the Neonicotinoid Pesticide Imidacloprid Is Linked to Life History Regulation in Honey Bees (*Apis mellifera* L.). **Molecular Ecology**, v. 35, n. 6, p. e70305, mar. 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/mec.70305>.

TOSI, S.; BURGIO, G.; NIEH, J. C. A common neonicotinoid pesticide, thiamethoxam, impairs honey bee flight ability. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1201, 26 abr. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01361-8>.

URLACHER, E.; MONCHANIN, C.; RIVIÈRE, C.; RICHARD, F.-J.; LOMBARDI, C.; MICHELSEN-HEATH, S.; HAGEMAN, K. J.; MERCER, A. R. Measurements of Chlorpyrifos Levels in Forager Bees and Comparison with Levels that Disrupt Honey Bee Odor-Mediated Learning Under Laboratory Conditions. **Journal of Chemical Ecology**, v. 42, n. 2, p. 127–138, fev. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10886-016-0672-4>.

URUEÑA, Á.; BLASCO-LAVILLA, N.; DE LA RÚA, P. Sulfoxaflor effects depend on the interaction with other pesticides and *Nosema ceranae* infection in the honey bee (*Apis mellifera*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 264, p. 115427, out. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115427>.

UTHOFF, C.; YAKOVLYEVA, Y.; ENGELMANN, B.; ROLLE-KAMPCZYK, U.; HAANGE, S.-B.; ALKASSAB, A. T.; PISTORIUS, J.; BRIX, F.; WASCHINA, S.; THUM, A. S.; JEHLICH, N.; VON BERGEN, M. Comprehension of the age-dependent gut and brain interaction of honey bee workers by integration of multi omics approaches. **Journal of Advanced Research**, v. 82, p. 469–483, abr. 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2025.07.045>.

VIDAL, M. de F. Mel natural: cenário mundial e situação da produção na área de atuação do BNB. mar. 2021. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/s1dspp01.dmz.bnb:8443/s482-dspace/handle/123456789/801>. Acesso em: 13 abr. 2026.

WANG, D.; SUO, Y.; ZHANG, X.; LU, P.; CANG, T.; LV, L.; LUO, T.; WANG, Y.; WENG, H. Combined toxic mechanism and risk assessment triggered by acetamiprid and tetraconazole in honey bees. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 305, p. 119265, out. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.119265>.

WANG, H.; XUE, Y.; WANG, Y.; CAI, L.; ZHU, J.; PAN, S.; WANG, Y. Evaluation of tobacco pesticides nitenpyram-spiroxamine co-exposure effects on honeybees: Molecular mechanisms and melatonin's protective role. **Journal of Hazardous Materials**, v. 496, p. 139241, set. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.139241>.

WANG, S.; FAN, W.; JI, W.; WANG, K.; GULL, S.; LI, J.; CHEN, L.; JI, T.; LIU, J. Physiological effects of field concentrations and sublethal concentrations of sulfoxaflor on *Apis mellifera*. **Pest Management Science**, v. 80, n. 11, p. 5941–5953, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.8326>.

WATSON, G. B.; SIEBERT, M. W.; WANG, N. X.; LOSO, M. R.; SPARKS, T. C. Sulfoxaflor – A sulfoximine insecticide: Review and analysis of mode of action, resistance and cross-resistance. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 178, p. 104924, 1 out. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104924>.

WILMART, O.; LEGRÈVE, A.; SCIPPO, M.-L.; REYBROECK, W.; URBAIN, B.; DE GRAAF, D. C.; SPANOGHE, P.; DELAHAUT, P.; SAEGERMAN, C. Honey bee exposure scenarios to selected residues through contaminated beeswax. **Science of The Total Environment**, v. 772, p. 145533, jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145533>.

WU, G. Functional Amino Acids in Growth, Reproduction, and Health. **Advances in Nutrition**, v. 1, n. 1, p. 31–37, nov. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3945/an.110.1008>.

WU, J.; GE, L.; LIU, F.; SONG, Q.; STANLEY, D. Pesticide-Induced Planthopper Population Resurgence in Rice Cropping Systems. **Annual Review of Entomology**, v. 65, n. 1, p. 409–429, 7 jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025215>.

YOUNG, R. Bacteriophage lysis: mechanism and regulation. **Microbiological Reviews**, v. 56, n. 3, p. 430–481, set. 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/mr.56.3.430-481.1992>.

ZALUSKI, R.; BITTARELLO, A. C.; VIEIRA, J. C. S.; BRAGA, C. P.; PADILHA, P. D. M.; FERNANDES, M. D. S.; BOVI, T. D. S.; ORSI, R. D. O. Modification of the head proteome of nurse honeybees (*Apis mellifera*) exposed to field-relevant doses of pesticides. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 2190, 10 fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59070-8>.

ZALUSKI, R.; JUSTULIN, L. A.; ORSI, R. D. O. 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, 9 nov. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15581-5>.

ZHANG, G.; DILDAY, S.; KUESEL, R. W.; HOPKINS, B. Phytochemicals, Probiotics, Recombinant Proteins: Enzymatic Remedies to Pesticide Poisonings in Bees. **Environmental**

Science & Technology, v. 58, n. 1, p. 54–62, 9 jan. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c07581>.

ZHANG, G.; KUESEL, R. W.; OLSSON, R.; REED, R.; LIU, X.; HOPKINS, B. Pesticide exposure patterns in honey bees during migratory pollination. **Journal of Hazardous Materials**, v. 480, p. 135910, dez. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.135910>.

ZHANG, G.; OLSSON, R. L.; HOPKINS, B. K. Strategies and techniques to mitigate the negative impacts of pesticide exposure to honey bees. **Environmental Pollution**, v. 318, p. 120915, 1 fev. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120915>.

ZHAO, G.; GUO, H.; ZHANG, H.; ZHANG, X.; QIAN, H.; LI, G.; XU, A. Effects of pyriproxyfen exposure on immune signaling pathway and transcription of detoxification enzyme genes in fat body of silkworm, *Bombyx mori*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 168, p. 104621, set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104621>.

ZHU, Y.-C.; YAO, J.; WANG, Y. Varroa mite and deformed wing virus infestations interactively make honey bees (*Apis mellifera*) more susceptible to insecticides. **Environmental Pollution**, v. 292, p. 118212, jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118212>.