

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ, *CAMPUS* DE UNIÃO DA VITÓRIA
COLEGIADO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ELIANE SCIBOR PIETRICOSKI

IMPORTÂNCIA DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS REALIZADOS POR ABELHAS
Apis mellifera scutellata E AS IMPLICAÇÕES DO USO DE AGROQUÍMICOS

UNIÃO DA VITÓRIA

2021

ELIANE SCIBOR PIETRICOSKI

IMPORTÂNCIA DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS REALIZADOS POR ABELHAS
Apis mellifera scutellata E AS IMPLICAÇÕES DO USO DE AGROQUÍMICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de licenciado(a) em Ciências Biológicas, ao colegiado de Ciências Biológicas, Centro de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Estadual do Paraná, *Campus* de União da Vitória.

Orientador(a): Prof. Dr. Clovis Roberto Gurski
Coorientador(a): Prof. Dra. Franciélli Cristiane Gruchowski Woitowicz

UNIÃO DA VITÓRIA

2021

TERMO DE APROVAÇÃO DA BANCA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO

ELIANE SCIBOR PIETRICOSKI

IMPORTÂNCIA DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS REALIZADOS POR ABELHAS
Apis mellifera scutellata E AS IMPLICAÇÕES DO USO DE AGROQUÍMICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de licenciado (a) em Ciências Biológicas, ao colegiado de Ciências Biológicas, Centro de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Estadual do Paraná, *Campus* de União da Vitória, pela seguinte banca examinadora:



Orientador Prof. Dr. Clovis Roberto Gurski
Colegiado de Ciências Biológicas, UNESPAR



Prof. Dr. Rogério Krupek
Colegiado de Ciências Biológicas, UNESPAR



Prof. Dr. Alcemar Rodrigues Martello
Colegiado de Ciências Biológicas, UNESPAR

UNIÃO DA VITÓRIA, 10 DE NOVEMBRO DE 2021

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	05
MATERIAL E MÉTODOS.....	07
DESENHO DO ESTUDO.....	07
GRAU DE DEPENDÊNCIA DE POLINIZAÇÃO.....	07
DESENVOLVIMENTO.....	07
A IMPORTÂNCIA DA POLINIZAÇÃO POR <i>Apis mellifera scutellata</i>	07
Aluguel de colmeias de abelhas <i>Apis mellifera scutellata</i>.....	10
Declínio das abelhas <i>Apis mellifera scutellata</i>.....	11
IMPLICAÇÕES DO USO DE AGROQUÍMICOS.....	11
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	14
REFERÊNCIAS.....	15
ANEXO.....	20

Importância dos serviços ambientais realizados por abelhas *Apis mellifera scutellata* e as implicações do uso de agroquímicos

Eliane Scibor Pietricoski

Universidade Estadual do Paraná, campus de União da Vitória. Contato:

elianemkt@hotmail.com

Clovis Roberto Gurski

Professor e pesquisador da Universidade Estadual do Paraná, campus de União da Vitória / UNESPAR – Campus de União da Vitória

Curso de Ciências Biológicas e do CNPq.

Professor do Centro Universitário da Cidade de União da Vitória - UNIUV. Contato:

profclovisr@gmail.com

Franciélli Cristiane Gruchowski Woitowicz

Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos BIOSIS, do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia - UFBA.

Empresa Breyer & Cia LTDA. Pesquisa e Desenvolvimento - União da Vitória, PR, Brasil.

Contato: franciellcwg@gmail.com

RESUMO: As abelhas *Apis mellifera scutellata* representam os principais agentes polinizadores de cultivos agrícolas. Estima-se que o serviço de polinização realizado pelas abelhas contribua com um ganho de produtividade de bilhões de dólares anualmente. De fato, a produção de frutos, grãos e sementes de melhor qualidade e em maior quantidade depende diretamente do serviço desses agentes. No entanto, nas últimas décadas, as colônias de abelhas melíferas têm sofrido drástica redução devido ao uso exacerbado de agroquímicos. A perda das colônias acarreta redução significativa da produtividade de diferentes cultivares e em elevados prejuízos econômicos. Nesse sentido, o presente artigo teve como objetivo descrever a importância dos serviços ambientais proporcionados pela subespécie *Apis mellifera scutellata*, em especial na polinização, e discutir as implicações do uso de agroquímicos nos ecossistemas agrícolas, evidenciando os efeitos de toxicidade de agrotóxicos amplamente utilizados. Foi realizada uma revisão narrativa utilizando como bases de dados os indexadores Google Acadêmico, Pubmed e Scielo. Foram selecionados artigos científicos do período 2010- 2020, além de livros e relatórios técnicos acerca do tema. Os resultados evidenciaram que as abelhas melíferas apresentam notório papel no serviço de polinização, sendo responsáveis por 76% da produção de alimentos e contribuindo com uma valoração econômica estimada em US \$ 577 bilhões. Por essa razão, o mercado de compra e aluguel de

colônias de abelhas *Apis* tem sido amplamente requisitado pelo setor agrícola. Por suavez, tem sido constatado um drástico declínio de abelhas devido ao uso intensivo de agroquímicos. Conclui-se que compreender o papel das abelhas melíferas como agentes polinizadores fundamentais para a manutenção da biodiversidade e variabilidade genética, segurança alimentar e para a produção e economia agrícola mundial é crucial para garantir a sustentabilidade das gerações futuras.

Palavras-chave: *Apis mellifera scutellata*; Polinização; Agrotóxicos.

INTRODUÇÃO

A subespécie *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 se destaca entre as espécies polinizadoras e visitantes florais de diversos cultivos, sendo a principal espécie utilizada na produção apícola e em serviços de polinização de cultivos agrícolas, incluindo aqueles de elevado valor econômico, como soja (*Glycine max*), maçã (*Malus domestica*) e café (*Coffea arabica*) (IBGE, 2015). A colmeia de abelhas é formada por uma rainha, por zangões e operárias, sendo que cada uma apresenta função definida. A rainha apresenta o dobro do tamanho de uma operária, sendo a única fêmea fértil da colmeia. O desenvolvimento das abelhas *Apis* determina o tamanho e o crescimento da colônia, o qual depende diretamente da quantidade de pólen e néctar estocados. Tal relação justifica a demanda contínua por recursos florais, obtidos através das visitas efetuadas nas plantas, o que promove o serviço de polinização (EMBRAPA, 2003).

As abelhas melíferas evoluíram no continente africano e diferenciaram-se em subespécies com diferenças morfológicas, comportamentais e fisiológicas. Foram introduzidas no Brasil em 1956, após retorno do pesquisador Warwick Estevam Kerr do continente africano com algumas rainhas *Apis mellifera scutellata*. O objetivo era dar início a um programa de seleção de híbridos que apresentassem a alta produtividade das abelhas africanas e a mansidão das abelhas européias. De fato, produtores locais afirmavam que a espécie era capaz de produzir cerca de 70 kg de mel por colônia (KERR;2006). Contudo, um apicultor visitante removeu as telas da entrada das colmeias, e rapidamente as rainhas dispersaram para diversas regiões do país, provocando a

africanização das abelhas no Brasil (CRISTINO, 2003). Dessa forma, devido à dispersão natural e introdução antrópica, têm ampla distribuição mundial e são abelhas que contribuem amplamente para o aumento de produtividade e rentabilidade no agronegócio em decorrência do seu papel como agentes polinizadores (SILVA et al., 2014).

A polinização é um serviço ambiental regulatório que representa uma interação ecológica essencial ao funcionamento dos ecossistemas em geral, responsável por prover alimentos para animais e humanos, pela reprodução das espécies, manutenção da variabilidade genética de vegetais nativos, disseminação das plantas e preservação da vida vegetal, fornecimento de frutos e sementes de qualidade e provisão de mel (FREITAS; NUNES-SILVA, 2012). Dessa forma, é uma atividade crucial ao meio ambiente e aos diferentes sistemas agrícolas. Estudos demonstram que a presença de abelhas em determinado local é um indicador de qualidade ambiental, enquanto sua ausência aponta uma ameaça aos diversos ecossistemas existentes (BARBOSA et al., 2017). Dessa forma, os polinizadores bióticos têm sido amplamente explorados por agricultores do mundo todo, em especial as abelhas melíferas, que contribuem significativamente para a polinização de uma grande variedade de culturas, promovem o aumento da produção das safras e o aspecto qualitativo dos cultivos (BUCHMANN et al., 1997).

Por outro lado, destaca-se que as abelhas melíferas têm sofrido um drástico declínio. Dentre as diferentes causas responsáveis pela redução das colônias de abelhas *Apis mellifera scutellata*, destaca-se o uso de agroquímicos em ecossistemas agrícolas (PINHEIRO; FREITAS, 2010). Tal fato enfatiza a necessidade de avaliar a perda potencial em termos de valor econômico e revela a urgência em analisar a toxicidade dos pesticidas, a fim de proporcionar medidas de controle para estimar o nível de vulnerabilidade da agricultura mundial e evitar o possível desaparecimento das abelhas melíferas.

Nesse sentido, o objetivo do presente artigo foi evidenciar a importância dos serviços ecossistêmicos realizados por abelhas da subespécie *Apis mellifera scutellata*, em especial a polinização, e relatar as implicações e os efeitos de toxicidade provocados pelo uso de agroquímicos.

MATERIAL E MÉTODOS

DESENHO DO ESTUDO

O presente artigo apresenta uma revisão narrativa, de caráter descritivo- exploratório, cuja metodologia foi desenvolvida a partir de pesquisa bibliográfica considerando diferentes fontes científicas. A revisão consistiu no levantamento de artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais (n=21), disponíveis nas bases de indexação Google Acadêmico, Pubmed e Scielo, além de livros (n=2), dissertações (n=2), tese (n=1) e relatórios técnicos (n=4) acerca do tema exposto. A pesquisa de dados englobou informações mundiais, de diferentes países da América do Sul, América do Norte e Europa.

A busca foi desenvolvida utilizando-se como palavras-chave “*A. m. scutellata*” e termos relacionados ao objetivo do artigo, incluindo “serviços ambientais”, “polinização”, “aluguel de colmeias”, “efeitos de agroquímicos” e “dose letal”, nos idiomas português e inglês. Foram considerados artigos compreendidos no período entre 2001-2020, sendo dada preferência às publicações recentes.

GRAU DE DEPENDÊNCIA DE POLINIZAÇÃO

A fim de quantificar o serviço das abelhas polinizadoras, a taxa de dependência de determinados cultivos agrícolas foi estimada de acordo com metodologia proposta por Gallai e Vaissière (2009), sendo ela classificada em: (i) essencial: incremento de 90% a 100% na produção agrícola após a ação de polinizadores; ii) alta: incremento de 40% a 90%; iii) modesta: incremento de 10% a 40%.

DESENVOLVIMENTO

A IMPORTÂNCIA DA POLINIZAÇÃO POR *Apis mellifera scutellata*

De acordo com dados do Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil, divulgado em 2018 em uma parceria realizada entre a Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (BPBES) e a Rede Brasileira de Interações Planta-Polinizador (REBIPP), no Brasil, 76% da produção de

alimentos depende do serviço ambiental de polinização das abelhas melíferas (WOLOWSKI et al., 2018), e estatísticas revelam que a agricultura tem se tornado cada vez mais dependente dos polinizadores, seja nos países desenvolvidos ou em desenvolvimento (GIANNINI et al., 2015). Em termos econômicos, o relatório estima que a polinização realizada por abelhas soma 43 bilhões de reais à atividade agrícola brasileira, considerando somente quatro cultivos, sendo eles soja, café, laranja e maçã (WOLOWSKI et al., 2018).

Estudo prévio realizado por Costanza et al. (1997) estimou a primeira valoração econômica global do serviço de polinização por abelhas. A pesquisa indicou o montante expressivo de 70 bilhões de dólares ao ano. Já em 2016, dados atualizados e divulgados pelo Relatório de Avaliação sobre Polinizadores, Polinização e Produção de Alimentos da BPBES apontam uma valoração econômica avaliada em US \$ 577 bilhões, revelando o notório potencial das abelhas melíferas no serviço ecossistêmico de polinização (IPBES, 2016).

No Brasil, pesquisa prévia realizada por Giannini et al. (2015) estimou um valor de US \$ 12 bilhões proporcionado pela polinização por abelhas do gênero *Apis* em diferentes cultivos agrícolas. Pesquisas apontam que, em culturas de soja, a quantidade de vagens pode aumentar em cerca de 58%, o número de sementes em 82% e a viabilidade das sementes em até 95,5% após a polinização por abelhas melíferas (RIBEIRO; COUTO, 2002). Além disso, algumas culturas apresentam qualidade dos frutos significativamente superior após a visita das abelhas. Malerbo-Souza et al. (2003) observaram em seu estudo experimental uma alta atratividade das operárias da espécie *Apis mellifera scutellata* pela flor de laranjeira, e evidenciaram resultados significativos após a polinização dos cultivos, a qual resultou em laranjas mais pesadas, menos ácidas e com um maior número de sementes por gomo, influenciando portanto os aspectos quantitativos e qualitativos dos frutos. Estudos com cultivos de morangueiro mostraram que as flores que receberam visita de *Apis mellifera scutellata* apresentaram a maior contagem de aquênios e morangos mais pesados, refletindo em maior valor comercial dos frutos (SCHEID et al., 2020).

Diante desse contexto, os serviços de polinização promovidos por *A. m. scutellata* resultam em valores de extrema relevância à economia global. As abelhas melíferas se destacam como os principais agentes polinizadores, e a Tabela 1 ilustra o grau de dependência de diferentes cultivos agrícolas relacionados à alimentação no Brasil.

Tabela 1 – Cultivos agrícolas beneficiados pelos serviços ecossistêmicos das abelhas melíferas e seu grau de dependência da polinização

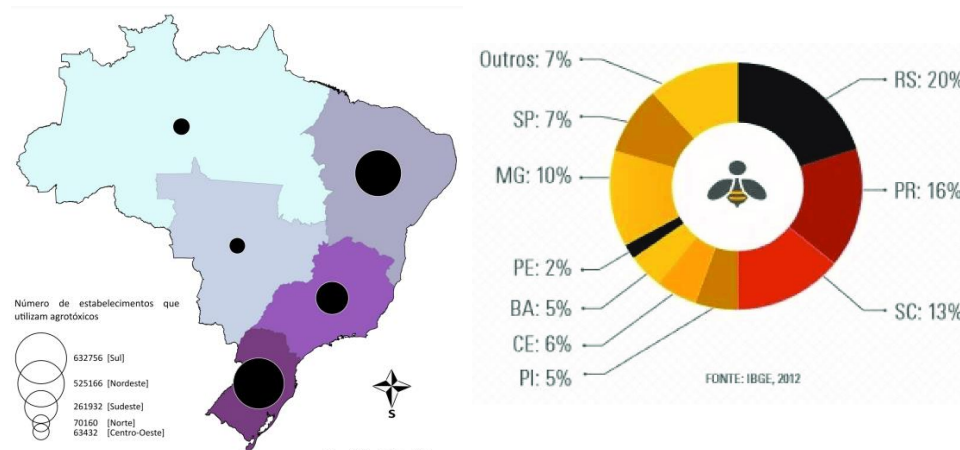
Essencial	Alta	Modesta
Abóbora (<i>Cucurbita</i> spp.)	Abacate (<i>Persea americana</i>)	Amora (<i>Rubus</i> sp.)
Acerola (<i>Malpighia emarginata</i>)	Ameixa (<i>Prunus salicina</i>)	Café (<i>Coffea arabica</i>)
Cajá (<i>Spondias mombin</i>)	Baunilha (<i>Vanilla</i> spp.)	Soja (<i>Glycine max</i>)
Castanha-do-brasil (<i>B. excelsa</i>)	Berinjela (<i>S. melongena</i>)	Laranja (<i>Citrus sinensis</i>)
Cupuaçu (<i>T. grandiflorum</i>)	Canola (<i>Brassica napus</i>)	Pimentão (<i>Capsicum annuum</i>)
Maçã (<i>Malus domestica</i>)	Cebola (<i>Allium cepa</i>)	Urucum (<i>Bixa orellana</i>)
Maracujá (<i>Passiflora edulis</i>)	Erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i>)	Mamão papaya (<i>Carica papaya</i>)
Melancia (<i>Citrullus lanatus</i>)	Girassol (<i>Helianthus annuus</i>)	Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i>)
Melão (<i>Cucumis melo</i>)	Goiaba (<i>P. guajava</i>)	Pimenta (<i>Capsicum anuum</i>)
Pequi (<i>C. brasiliensis</i>)	Guaraná (<i>P. cupana</i>)	Caqui (<i>Diospyros kaki</i>)
Pinha (<i>A. squamosa</i>)	Jambo (<i>Syzygium malaccense</i>)	Lichia (<i>Litchi chinensis</i>)
Tangerina (<i>Citrus reticulata</i>)	Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	Ervilha (<i>Pisum sativum</i>)

Fonte: GIANNINI et al., 2015; WOLOWSKI et al., 2018

Destaca-se ainda que a polinização realizada por abelhas melíferas em lavouras destinadas à produção de biocombustíveis, como girassol, mamona e soja demonstram maior qualidade da semente e do óleo como produto final, fortalecendo portanto, a economia global do setor (GIANNINI et al., 2015). De fato, em um panorama internacional, dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) apontam que as principais culturas exportadas nos últimos 50 anos são dependentes da polinização das abelhas *Apis* (AIZEN et al., 2009). Nos países em desenvolvimento, por exemplo, há uma demanda crescente pelos serviços ecossistêmicos proporcionados pelas abelhas *Apis* para cultivos de frutas e verduras, pois a maioria das espécies vegetais, incluindo as plantas cultivadas, não apresenta capacidade de autopolinização e não são passíveis de frutificação na ausência de espécies polinizadoras (WOLOWSKI et al., 2019).

A Figura 1 ilustra o uso de agrotóxicos nas diferentes regiões do Brasil considerando os estabelecimentos agrícolas, e a participação dos principais estados na produção de mel. Observa-se que a região Sul se destaca com a maior porcentagem de utilização de agrotóxicos, sendo também a região que apresenta o maior potencial apícola do país.

Figura 1 – Uso dos agrotóxicos no Brasil e potencial de produção de mel dos estados



Fonte: Adaptado de Bombardi (2017).

Aluguel de colmeias de abelhas *Apis mellifera scutellata*

Devido ao elevado benefício econômico, o mercado de compra e aluguel de colônias de abelhas *Apis m. scutellata* é reconhecidamente bem desenvolvido em diversos países, incluindo Estados Unidos, Brasil e regiões da Europa. Tal prática sugere que não há polinizadores selvagens suficientes para garantir a polinização adequada de todas as safras ao longo do ano nesses países (VOLLET-NETO et al., 2018).

O déficit na polinização de cultivos refere-se à insuficiência ou transferência inadequada de pólen, o que restringe a quantidade ou qualidade da produção de frutos e, conseqüentemente, reduz seu valor econômico. Nesse sentido, devido à importância dos serviços ambientais concedidos pela espécie *Apis m. scutellata*, os agricultores têm considerado a estratégia de polinização assistida como prática agrícola promissora (GURGEL, 2020). Tal prática consiste na aquisição de abelhas melíferas, uma vez que a polinização natural pode ser insuficiente na obtenção de elevadas produtividades, principalmente quando a quantidade de flores é muito expressiva e concentrada em períodos curtos de tempo. Áreas extensas e deterioradas também recorrem a essa estratégia com frequência visando obter maior valor econômico de seus cultivos (VOLLET-NETO et al., 2018).

O aluguel de abelhas *Apis mellifera scutellata* representa o modelo de polinização assistida mais comum. A atividade consiste no aluguel das colmeias de apicultores por

agricultores que buscam maior ganho de produção, produtividade e qualidade às suas culturas. Nos Estados Unidos, o aluguel de cada colmeia varia em torno de 40 a 200 dólares por mês ou por florada, a depender da cultura agrícola a ser polinizada (VOLLET-NETO et al., 2018).

No Brasil, o modelo de aluguel de colônias de *Apis mellifera scutellata* é adotado principalmente para atender a demanda de polinização do melão em estados do Nordeste e as culturas de maçã, nos estados do Sul do país. De fato, o processo de polinização na cultura do meloeiro é crucial, já que não há produção do fruto na ausência do serviço concedido pelas abelhas (TRINDADE et al., 2004). Devido aos resultados econômicos positivos, contratos de aluguel de colmeias também têm sido firmados por produtores de café, uma vez que as abelhas *Apis mellifera* promovem um aumento na quantidade de grãos produzidos (MALERBO-SOUZA et al., 2003).

Pesquisadores e agricultores reforçam o uso das colônias como uma promissora técnica, pois o Brasil apresenta um elevado potencial de crescimento na área devido à ampla diversidade de culturas que podem ser beneficiadas e apresentar maior valor agregado, como a soja, algodão, girassol e canola (VOLLET-NETO et al., 2018).

Declínio das abelhas *Apis mellifera scutellata*

Por outro lado, é notável a crítica redução das abelhas melíferas em todo o cenário mundial. Projeções revelam que a apicultura vem crescendo em ritmo mais lento em comparação à necessidade dos serviços ambientais, e a densidade populacional dos polinizadores tem sofrido um decréscimo capaz de desequilibrar os serviços ambientais de polinização nos ecossistemas rurais e agrícolas e impossibilitar a manutenção da capacidade reprodutiva de espécies silvestres. Diferentes causas de declínio das colônias de *A. m. scutellata* são apontadas, como o desmatamento de áreas compostas por vegetação nativa e o uso exacerbado de agroquímicos, principalmente em monoculturas (PINHEIRO; FREITAS, 2010).

IMPLICAÇÕES DO USO DE AGROQUÍMICOS

Apesar do inestimável valor das abelhas *Apis mellifera scutellata* para a propagação e manutenção da biodiversidade vegetal, agricultura comercial e à sociedade humana (GARANTONAKIS et al., 2016; HUNG et al., 2018), estudos relatam uma notável perda de colônias em diferentes países nas últimas décadas, o que tem provocado preocupação crescente

(BEYER et al., 2018). Esse declínio ameaça diretamente a viabilidade econômica da indústria apícola e tem sérias implicações aos serviços de polinização de espécies vegetais cultivadas e silvestres.

O declínio de abelhas melíferas ocorre devido a diferentes fatores, incluindo o uso de defensivos químicos agrícolas. A contaminação ocasionada pela aplicação de agrotóxicos representa a principal causa de desaparecimento e mortalidade das abelhas *A. m. scutellata* em diferentes países (ROSA, 2017). Além do efeito agudo provocado, doses menores de pesticidas ou menor frequência de aplicação nos cultivos acarretam na redução do vigor das colônias e afetam o comportamento da espécie.

Os agrotóxicos apresentam níveis variados de toxicidade de acordo com o modo de ação provocado nas abelhas *A. m. scutellata*. A dose letal, ou LD50, é a dose capaz de matar 50% de uma população de abelhas, e representa um importante indicador de toxicidade e segurança de compostos químicos (KUMAR; SINGH; NAGARAJAIAH, 2020). A Tabela 2 descreve o valor de LD50 constatado a partir de estudos prévios de diferentes agroquímicos utilizados como inseticidas, acaricidas ou herbicidas nos cultivos agrícolas considerando a espécie *Apis mellifera*.

Os agrotóxicos apresentam níveis variados de toxicidade de acordo com o modo de ação provocado nas abelhas *A. m. scutellata*. A dose letal, ou LD50, é a dose capaz de matar 50% de uma população de abelhas, e representa um importante indicador de toxicidade e segurança de compostos químicos (KUMAR; SINGH; NAGARAJAIAH, 2020). A Tabela 2 descreve o valor de LD50 constatado a partir de estudos prévios de diferentes agroquímicos utilizados como inseticidas, acaricidas ou herbicidas nos cultivos agrícolas considerando a espécie *Apis mellifera*.

Tabela 2 – Efeito da toxicidade de diferentes agroquímicos em abelhas da espécie *Apis mellifera*

Agroquímico	Grupo químico	LD50	Referência
Paration	Organofosforado	0,03 µg	Schricker; Stephen, 1970
Cialotrina	Piretróide	0,022 µg	Mayer; Kovacs; Lunden, 1998
Fipronil	Pirazol	0,013 µg	Mayer; Lunden, 1999
Imidaclopride	Neonicotinoide	0,06 µg	Séverine; Guez; Belzunces, 2001
Acefato	Organofosforado	0,0037 µg	Bovi, 2013

Schricker e Stephen (1970) revelaram que a exposição de abelhas *Apis* a doses subletais do inseticida agrícola paration impede que a espécie comunique a direção de uma fonte de alimento a outras abelhas. O paration é um organofosforado amplamente utilizado na agricultura e aquicultura. De acordo com os dados experimentais obtidos, a dose subletal do paration foi inferior a 0,03 µg por abelha, o que classifica o agroquímico como um composto altamente tóxico. O efeito deletério do pesticida impacta a capacidade de forrageamento e a orientação das abelhas, e afeta a capacidade de realização de tarefas e busca de recursos, provocando efeitos severos à colônia e mortalidade massiva das abelhas (SCHRICKER;

STEPHEN, 1970; FREITAS; PINHEIRO, 2010).

Já a cialotrina é um piretróide amplamente utilizado nos cultivos agrícolas para controle de artrópodes. Ela atua nas células nervosas dos organismos, alterando a permeabilidade dos canais de sódio voltagem-dependentes, o que provoca a despolarização das membranas e perturbação sináptica, levando à hiperexcitabilidade e morte. A pulverização de cialotrina nos cultivos afeta as abelhas melíferas, alterando o seu padrão de visitação. Além disso, ressalta-se que a cialotrina é utilizada em associação a outros agroquímicos, e efeito sinérgico da mistura eleva o potencial de toxicidade às abelhas *Apis m. scutellata* (WANG et al. 2020). Dessa forma, a mistura de pesticidas deve ser planejada e aplicada em doses realísticas e eficazes, a fim de manter um manejo efetivo contra as pragas, e de forma a não afetar organismos não-alvo, como as abelhas.

Pertencente ao grupo químico dos pirazóis, o fipronil tem sido utilizado em diferentes cultivos agrícolas, incluindo arroz, milho, algodão, soja e trigo, para o controle de formigas, pulgas, baratas, carrapatos e cupins. O fipronil atua no sistema nervoso dos organismos, inibindo os receptores ácido gama-aminobutírico (GABA) e provocando hiperexcitação dos indivíduos afetados. De acordo com dados experimentais, foi observado um valor de LD50 equivalente a 0,013 µg de fipronil em abelhas adultas *Apis mellifera* (MAYER; LUNDEN, 1999). Ensaio toxicológico também reportaram alterações morfológicas do núcleo e do citoplasma de células digestivas e elevada taxa de mortalidade de larvas *Apis mellifera*, confirmando seu potencial efeito tóxico (CRUZ et al., 2009).

Por sua vez, o pesticida neonicotinoide imidaclopride é amplamente empregado no tratamento e cultivo de sementes para proteção contra o ataque de insetos aéreos e desolo. Ele apresenta efeito sistêmico nas espécies vegetais, podendo ser detectado no néctare pólen das plantas ao longo e toda a floração (ROSA, 2017). O imidaclopride interage com os receptores nicotínicos de acetilcolina dos organismos, provocando colapso do sistema nervoso e morte (DECOURTYE et al., 2004). Estudos prévios observaram que o agroquímico provoca comportamento anormal do forrageamento das abelhas *Apis* (FRANÇOIS; ESTELLE, 2003), e 30 minutos de exposição ao pesticida é suficiente para prejudicar a performance olfatória das abelhas (DECOURTYE et al., 2004). Além disso, o imidaclopride afeta a orientação e a capacidade de retorno das abelhas à colmeia, e seu LD50 equivalente a 0,06 µg o classifica como um composto extremamente tóxico às abelhas *Apis* (SÉVERINE; GUEZ; BELZUNCES, 2001; BORTOLOTTI et al., 2003).

Por fim, o acefato, agroquímico pertencente ao grupo dos organofosforados e amplamente utilizado na citricultura, demonstrou ser altamente tóxico às operárias *Apis*

mellifera independente da via de exposição, seja por meio de pulverização, contaminação de alimento e contato em superfícies. Logo nas primeiras horas de experimento, foram observados efeitos subletais, como ausência de coordenação motora, prostração e tremores, e após 20 horas, foi constatada mortalidade superior a 90% das abelhas (BATISTA et al., 2009). Em seu estudo, Bovi (2013) reportou alterações comportamentais significativas após 120 minutos de exposição ao acefato e um valor de LD50 de 0,0037 µg por abelha, confirmando sua elevada toxicidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado do Paraná disputa com o Rio Grande do Sul no ranking de maior produtor de mel do Brasil. O município de União da Vitória, localizado na latitude 26°13'S, longitude 51°45'W e altitude de 752 metros, de classificação climática Cfb de acordo com Köppen, apresenta grande potencial melífero. De acordo com apicultores, o mel da região se destaca devido à qualidade e o volume de produção, proporcionado em grande parte pela subespécie *Apis mellifera scutellata*. Nesse sentido, deve-se conhecer quais são as interações entre tal subespécie e as plantas de interesse apícola da região visando propor sistemas que permitam melhorar o pasto apícola às operárias desta espécie e de espécies nativas de abelhas (PEGORARO; ZILLER, 2003).

O presente artigo descreveu o papel das abelhas da espécie *A. m. scutellata* como agentes polinizadores de cultivos agrícolas, realçando a importância desse serviço ecossistêmico. A polinização é capaz de proporcionar maior valor agregado ao produto final, contribuindo para o aumento da produtividade e influenciando de forma positiva os aspectos quantitativos e qualitativos de sementes, grãos e frutos, o que consequentemente acarreta elevados ganhos econômicos.

No entanto, nas últimas décadas, tem sido constatado um drástico declínio das colônias e colmeias de abelhas *Apis*, seja em países desenvolvidos ou em desenvolvimento. Tal fato é decorrente principalmente pelo uso exacerbado de agroquímicos em cultivos agrícolas. Os agrotóxicos apresentam efeito sistêmico nas espécies vegetais, sendo encontrados no néctar e no pólen. Após a polinização dessas plantas, as abelhas contaminadas sofrem graves efeitos de toxicidade e podem ainda contaminar toda a colônia. O presente estudo evidenciou a dose letal de cinco agroquímicos considerando a espécie *Apis mellifera scutellata*, sendo eles amplamente utilizados como inseticidas, acaricidas e herbicidas pulverizados em cultivos agrícolas.

Por fim, ressalta-se que compreender o papel das abelhas melíferas como agentes polinizadores fundamentais para a manutenção da biodiversidade e variabilidade genética, segurança alimentar e para a produção e economia agrícola mundial é fator indispensável para garantir a sustentabilidade das gerações futuras.

REFERÊNCIAS

- AIZEN, M. A.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAM, S. A.; KLEIN, A. M. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. **Annals of Botany**, London, v. 103, p. 1579–1588, 2009.
- BARBOSA, D. B.; CRUPINSKI, E. F.; SILVEIRA, R. N.; LIMBERGER, D. C. H. As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 3, n. 4, 2017.
- BATISTA, A.P.M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, S. M.; CARVALHO, C. F.; BUENO-FILHO, J. S. S. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados em citros para *Apis mellifera*. **Revista Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 955-961, 2009.
- BEYER, M.; JUNK, J.; EICKERMANN, M.; CLERMONT, A.; KRAUS, F.; GEORGES, C.; REICHART, A.; HOFFMANN, L. Winter honey bee colony losses, *Varroa destructor* control strategies, and the role of weather conditions: Results from a survey among beekeepers. **Research in Veterinary Science**, v. 118, p. 52-60, 2018.
- BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia**. USP, 2017. 296 p.
- BORTOLOTTI, L.; MONTANARI, R.; MARCELINO, J.; MEDRZYCKI, P.; MAINI, S.; PORRINI, C. Effects of sub-lethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of honey bees. **Boletín de Insectología**, v. 56, n. 1, p. 63-67, 2003.
- BOVI, T. S. **Toxicidade de inseticidas para abelhas *Apis mellifera* L.** 69 p. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista Júlio de MesquitaFilho, Botucatu, 2013.
- BUCHMANN, S.; NABHAN, G.; MIROCHA, P. **The forgotten pollinators**. Washington, Island Press, 1997.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253–260, 1997. doi: 10.1038/387253a0.
- CRISTINO, A. S. **Aspectos reprodutivos envolvidos no processo de africanização das abelhas *Apis mellifera* no Brasil**. 99 p. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.
- CRUZ, A. S.; SILVA-ZACARIN, E. C. M.; BUENO, O. C.; MALASPINA, O. Morphological alterations induced by boric acid and fipronil in the midgut of worker

honeybee (*Apis mellifera* L.) larvae. **Cell Biology and Toxicology**, v. 26, p. 165-176, 2009. doi: 10.1007/s10565-009-9126-x

DECOURTYE, A.; ARMENGAUD, C.; RENO, M.; DEVILLERS, J.; CLUZEAU, S.; GAUTHIER, M.; PHAM-DELÈGUE, M. Imidacloprid impairs memory and brain metabolism in the honeybee (*Apis mellifera* L.). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 78, n. 2, p. 83-92, 2004. doi: 10.1016/j.pestbp.2003.10.001

EMBRAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Características e organização: Sistemas de produção de mel**. 2003.

FRANÇOIS, L.; ESTELLE, R. Distribution of [¹⁴C] imidacloprid in sunflowers (*Helianthus annuus* L.) following seed treatment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 27, p. 8005-8010, 2003. doi: 10.1021/jf034310n

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: **Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. Ed. USP, 2012. 488 p.

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

GALLAI N, SALLES J-M, SETTELE J, VAISSIÈRE, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, p. 810–821, 2009. doi: 10.1016/j.eco - lecon.2008.06.014.

GALLAI, N.; VAISSIÈRE, B. E. **Guidelines for the economic valuation of pollination services at a national scale**. FAO, Rome. 2009.

GARANTONAKIS, N.; VARIKOU, K.; BIROURAKI, A.; EDWARDS, M.; KALLIAKAKI, V.; ANDRINOPOULOS, F. Comparing the pollination services of honey bees and wild bees in a watermelon field. **Scientia Horticulturae**, v. 204, p. 138-144, 2016.

GIANNINI, T.C.; BOFF, S.; CORDEIRO, G. D.; CARTOLANO, E. A.; VEIGA, A. K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v. 46, p. 209–223, 2015.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, A. M. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, p. 849–857, 2015. doi: 10.1093/jee/tov093.

GURGEL, L. S. **Toxicologia de formulações comerciais de inseticidas para as abelhas *Scaptotrigona aff. depilis* e *Apis mellifera* L.** 64 p. 2020. Tese (Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

HUNG, K. L. J.; KINGSTON, J. M.; ALBRECHT, M.; HOLWAY, D. A.; KOHN, J. R. The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. **Proceedings Biological Sciences**, v. 285, n. 1870, p. 1-8, 2018. doi: 10.6084/m9.figshare.c.3956575.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola**. 2015. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2015/default_xls.shtm. Acesso em: 27 out. 2020>.

IPBES. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL, Ngo HT (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn. 552p. 2016.

KERR, W. E Método de seleção para melhoramento genético em abelhas. **Magistra**, v. 18, n. 4, p. 209-212, 2006.

KUMAR, G.; SINGH, S.; NAGARAJAIAH, R. P. K. Detailed review on pesticidal toxicity to honey bees and its management. In: **Modern Beekeeping - Bases for Sustainable Production**. 2020. doi: 10.5772/intechopen.91196

MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA, R. H. C.; COUTO, L. A. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, n. 4, p. 237-242, 2003. doi: 10.1590/S1413-95962003000400001

MAYER, D. F.; KOVACS, G.; LUNDEN, J. D. Field and laboratory tests on the effects of cyhalothrin on adults of *Apis mellifera*, *Megachile rotundata* and *Nomia melanderi*. **Journal of Apicultural Research**, v. 37, p. 33-37, 1998. doi: 10.1080/00218839.1998.11100952

MAYER, D. F.; LUNDEN, J. D. Field and laboratory tests of the effects of fipronil on adult female bees of *Apis mellifera*, *Megachile rotundata* and *Nomia melanderi*. **Journal of Apicultural Research**, v. 38, p. 191-197. doi: 10.1080/00218839.1999.11101009

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. N. efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

PEGORARO, A.; ZILLER, S. R. Valor Apícola das Espécies Vegetais de duas Fases Sucessionais da Floresta Ombrófila Mista, em União da Vitória Paraná – Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 47, p. 69-82, 2003.

RIBEIRO, A. M. F.; COUTO, R.H.N. Polinização entomófila de soja (*Glycine max*), cultivar Conquista. In: **Anais 14º Congresso Brasileiro de Apicultura**. CBA, 2002. CD-Rom. Campo Grande, Brasil. 2002.

ROSA, S. L. **Uma avaliação dos efeitos advindos de inseticidas organossintéticos sobre abelhas *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) no Brasil**. Monografia (Curso de Ciências Biológicas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

SCHRICKER, P.; STEPHEN, W. P. The effect of sublethal doses of parathion on honeybee behaviour. I. Oral administration and the communication dance. **Journal of Apicultural**

Research, v. 9, n. 3, p. 141-153, 1970. doi: 10.1080/00218839.1970.11100261

SCHEID, L.; MARTARELLO, N. S.; HOLDEFER, D. R.; GRUCHOWSKI-WOITOWICZ, F. C. Eficácia de abelhas como polinizadores do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch., cultivar San Andreas) no sul do Brasil. **Luminária**, União da Vitória, v. 22, n. 02, p. 06 – 17, 2020.

SÉVERINE, S.; GUEZ, D; BELZUNCES, L. P. Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 20, n.11, p. 2482-2486, 2001. doi:10.1002/etc.5620201113/

SILVA, C. I.; ALEIXO, K. P.; NUNES-SILVA, B.; FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia ilustrado de abelhas polinizadoras do Brasil**. 1 ed. 2014.

TRINDADE, M.S.A.; SOUSA, A. H.; VASCONCELOS, W. E.; FREITAS, R. S.; SILVA, A. M. A.; PEREIRA, D. S.; MARACAJA, P. B. Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 1, 2004.

VOLLET-NETO, A.; BLOCHTEIN, B.; VIANA, B.; SANTOS, C. F.; MENEZES, C.; SILVA, P. N.; JAFFÉ, R.; AMOEDO, S. Desafios e recomendações para o manejo e transporte de polinizadores. **Associação Brasileira de Estudos das Abelhas**, São Paulo, 2018.

WANG, Y; ZHU, Y. C.; LI, W. Comparative examination on synergistic toxicities of chlorpyrifos, acephate, or tetraconazole mixed with pyrethroid insecticides to honey bees (*Apis mellifera* L.). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 6971– 6980, 2020. doi: 10.1007/s11356-019-07214-3

WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L.; SARAIVA, A. M.; SILVA, C. I. Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. **Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos - Rede Brasileira de Interações Planta-Polinizador**.

ANEXO

<https://editoracolab.com/submissao>



[Página inicial](#) [Sobre nós](#) [Chamadas](#) [Arquivos](#) [Taxas](#) [Contato](#) [Submissão](#)

Instruções para autores

PREPARAÇÃO DO MANUSCRITO

- Todos os materiais a serem avaliados pela editora devem ser enviados para o e-mail: contato@editoracolab.com

- **Orientações Gerais**

A. Os CAPÍTULOS DE LIVROS deverão possuir até 20 páginas e número de autores limitado a 8 (oito).

B. Os LIVROS COMPLETOS (obras autorais) podem ter até 3 organizadores, escritos em textos corridos ou divididos em até 3 (três) capítulos.

- **Formato para submissão**

As submissões DEVEM estar de acordo com as normas a seguir OU serão devolvidas aos autores, OU será cobrado valor de serviço adicional para formatação da obra. Normas:

1. Os trabalhos que envolvam a participação de seres humanos ou animais deverão ser informar, no corpo do texto, o número referente à aprovação do Comitê de Ética.
2. Os trabalhos serão submetidos à apreciação da Comissão Editorial, que após processo de avaliação por pares, decidirá sobre a conveniência ou não da publicação, indicando, quando necessário, as alterações a serem feitas.
3. Os textos devem ser configurados no programa Word, fonte Times New Roman, corpo 12, espaçamento 1 ½ e alinhamento justificado, exceto "Referências" que devem estar em espaçamento simples e alinhamento à esquerda.
4. IMPORTANTE: O(s) autor(es) deverá(ão) apresentar NO MESMO ARQUIVO a página inicial contendo título do trabalho e nome nome(s) completo(s) do(s) autor(es), acompanhado(s) das seguintes informações: titulação mais alta e área de conhecimento, filiação com nome da instituição e unidade a que pertence, endereço, e-mail, telefone e fax; breve apresentação do currículo de todos os autores (indicando campo de pesquisa e atividades desenvolvidas, máximo de 5 linhas por autor/organizador).
5. Título: O título deve ser breve, específico e descritivo. Deve aparecer na primeira linha, centralizado, negrito, fonte Times New Roman, caixa alta.
6. Resumo: três linhas abaixo do nome do autor. Colocar a palavra RESUMO em caixa alta, seguido de dois pontos. Redigir o texto em parágrafo único, espaço simples, justificado, de no máximo 20 linhas. Fonte: Times New Roman, corpo 12, para todo o resumo.
7. Palavras-chave: em número de 03, duas linhas abaixo do resumo. Colocar o termo "PALAVRAS-CHAVE" em caixa alta. Fonte: Times New Roman, 12. Cada palavra-chave deve ter a primeira letra maiúscula e o restante em caixa baixa e deve ser separada das demais por ponto e vírgula.
8. A Editora se reserva ao direito de efetuar alterações de ordem normativa nos originais, do tipo ortográfica e gramatical, com vistas a manter o padrão culto da língua, respeitando, porém, o estilo dos autores.
9. As notas explicativas deverão ser inseridas no rodapé, e citações de autores no conteúdo do texto.
10. Agradecimentos: Agradecimentos a auxílios recebidos para a elaboração do trabalho deverão ser mencionados no final do capítulo, antes das referências.
11. Apresentar ao final do texto, referências bibliográficas em ordem alfabética, de acordo com as atuais normas da ABNT.