

## **Análise de resíduos de agrotóxicos em amostras de mel de *Apis mellifera* obtidas a partir de floradas de canola de municípios do Rio Grande do Sul, Brasil**

### **Analysis of pesticide residues in honey samples of *Apis mellifera* obtained from canola blooms from municipalities in Rio Grande do Sul state, Brazil**

DOI: 10.34188/bjaerv6n3-001

Recebimento dos originais: 05/01/2023

Aceitação para publicação: 31/03/2023

#### **Alberto Luiz Marsaro Júnior**

Doutor em Ciências Biológicas/Entomologia pela Universidade Federal do Paraná  
Instituição: Embrapa Trigo, Laboratório de Entomologia  
Endereço: Rodovia BR 285, km 294, Caixa Postal 78, CEP 99050-970, Passo Fundo – RS, Brasil  
E-mail: alberto.marsaro@embrapa.br

#### **Aroni Sattler**

Doutor em Fitotecnia/Apicultura pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Instituição: UFRGS, Faculdade de Veterinária – FAVET, Laboratório de Produtos de Origem Animal – LAPOA  
Endereço: Avenida Bento Gonçalves, 9090, Prédio 42405, CEP 91540-000, Porto Alegre-RS, Brasil  
E-mail: aroni.sattler@gmail.com

#### **Betina Blochtein**

Doutora em Ciências Biológicas/Zoologia pela Universidade de Tübingen, Alemanha  
Instituição: Mais Abelhas Apicultura e Consultoria Ambiental  
Endereço: Av. Ipiranga, 6681. CEP 90619-900, Porto Alegre – RS, Brasil  
E-mail: betinabl@gmail.com

#### **Ana Lucia Horta Barreto**

Doutora em Bioquímica pela Universidade Federal do Ceará  
Instituição: Embrapa Meio-Norte  
Endereço: Avenida Duque de Caxias, 5650, Caixa Postal 001, Bairro Buenos Aires, CEP 64008-780, Teresina - PI, Brasil  
E-mail: ana.horta@embrapa.br

#### **Fábia de Mello Pereira**

Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará  
Instituição: Embrapa Meio-Norte  
Endereço: Avenida Duque de Caxias, 5650, Caixa Postal 001, Bairro Buenos Aires, CEP 64008-780, Teresina - PI, Brasil  
E-mail: fabia.pereira@embrapa.br

#### **Eliana Maria Guarienti**

Doutora em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas  
Instituição: Embrapa Trigo, Laboratório de Qualidade Tecnológica de Grãos  
Endereço: Rodovia BR 285, km 294, Caixa Postal 78, CEP 99050-970, Passo Fundo – RS, Brasil  
E-mail: eliana.guarienti@embrapa.br

## RESUMO

A canola, durante o ciclo de cultivo, pode ser infestada e danificada por diversas pragas (insetos, fungos e plantas daninhas). Visando reduzir a incidência e os danos provocados por esses agentes bióticos, os agricultores realizam aplicações de inseticidas, fungicidas e herbicidas nas lavouras. O uso destes produtos químicos reduz a incidência e os danos provocados pelas pragas, mas também pode contaminar as flores que são visitadas pelas abelhas durante a floração da cultura e, com isso, pode resultar na contaminação do mel por resíduos de agrotóxicos. Diante da escassez de estudos sobre avaliação de pesticidas em mel de canola no Brasil, este trabalho teve por objetivo verificar se o mel produzido por *Apis mellifera*, a partir de floradas de canola de municípios do Rio Grande do Sul, apresentava resíduos de agrotóxicos. Para isto, 26 amostras de mel, obtidas a partir de floradas de canola, de nove municípios do RS, foram analisadas por cromatografia líquida/espectrometria de massas sequencial (LC-MS/MS) e por cromatografia a gás/espectrometria de massas sequencial (GC-MS/MS), totalizando 305 princípios ativos rastreados. Das 26 amostras de mel analisadas, em dez não foram detectados agrotóxicos, em nove amostras foram detectados três princípios ativos [2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético), epoxiconazol e imidacloprido] em concentração abaixo do limite de quantificação do método utilizado (10 µg/kg), em uma amostra detectou-se o inseticida deltametrina, também abaixo do limite de quantificação do método, e em 11 amostras foi detectado o fungicida carbendazim, em concentrações quantificadas pelo método que variaram entre 10 µg/kg e 100 µg/kg. Contudo, mesmo o princípio ativo carbendazim, em todas as amostras nas quais foi quantificado, ficou em concentrações abaixo do limite permitido pela legislação brasileira para mel, estabelecido em 1000 µg/kg. Portanto, de acordo com os resultados das amostras analisadas, o mel foi considerado seguro para consumo, considerando os limites de resíduos de agrotóxicos estabelecidos pela legislação brasileira.

**Palavras-chave:** Apicultura, *Brassica napus*, fungicida, herbicida, inseticida

## ABSTRACT

Canola can be infested and damaged by various pests (insects, fungi, and weeds) during the growing cycle. To reduce the incidence and damage caused by these biotic agents, growers apply insecticides, fungicides, and herbicides to crops. The use of these chemicals reduces the incidence and damage caused by pests, but can also contaminate the flowers that are visited by bees during crop flowering, and thus can result in contamination of the honey by pesticide residues. Considering the scarcity of studies on pesticide evaluation in canola honey in Brazil, this work aimed to verify whether the honey produced by *Apis mellifera*, from canola flower fields in municipalities of Rio Grande do Sul state (RS), presented pesticide residues. For this purpose, 26 honey samples obtained from canola flower fields from nine municipalities of RS were analyzed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) and gas chromatography-tandem mass spectrometry (GC-MS/MS), totaling 305 active ingredients tracked. Of the 26 honey samples analyzed, in ten samples no pesticides were detected, in nine samples three active ingredients were detected [2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid), epoxiconazole and imidacloprid] at concentration below the limit of quantification of the method (10 µg/kg), in one sample the insecticide deltamethrin was detected also below the limit of quantification, and in eleven samples the fungicide carbendazim was detected at concentrations quantified by the method ranging from 10 µg/kg to 100 µg/kg. However, in all samples in which it was quantified, even the active ingredient carbendazim was at concentrations below the limit allowed by the Brazilian legislation for honey, set at 1000 µg/kg. Therefore, according to the results of the samples analyzed, the honey was considered safe for consumption, considering the limits of pesticide residues established by Brazilian legislation.

**Keywords:** Apiculture, *Brassica napus*, fungicide, herbicide, insecticide

## 1 INTRODUÇÃO

A canola, *Brassica napus* L. var. *oleifera* (Brassicaceae), é uma planta oleaginosa que apresenta elevado teor de óleo em seus grãos (36%-42%) e alta concentração de proteína em seu farelo (36%-39%) (CANOLA..., 2020). No Brasil, a canola é utilizada como fonte de óleo para alimentação humana, para indústria e produção de biocombustível, e também para produção de farelo para alimentação animal (DE MORI et al., 2014).

A produção brasileira dessa oleaginosa concentra-se nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, que no período entre 2019 e 2022 corresponderam a 98,2% e 1,8% do total produzido de grãos, respectivamente. A área plantada com canola no Brasil, em 2022, alcançou 65,8 mil ha, com uma produção de 81,9 mil toneladas de grãos (CONAB, 2023).

O principal foco do cultivo de canola é a produção de grãos, mas a cultura também tem sido utilizada para a produção de mel, por meio de apicultores que levam suas colmeias de abelhas, principalmente da espécie *Apis mellifera*, para lavouras de canola em estágio de florescimento. Como a florada da canola ocorre no inverno, período em que há escassez de recursos florais para as abelhas, principalmente no Sul do Brasil, essa cultura oleaginosa oferece uma alternativa floral de interesse para os apicultores, tanto para os que visam à produção de mel, como para aqueles que buscam nas flores de canola uma fonte de alimentação nutritiva para as abelhas, garantindo o fortalecimento das colônias para as próximas floradas de primavera (MARSARO JÚNIOR et al., 2017a, 2019a). O mel de canola, muito apreciado pelos consumidores, é de cor clara e sabor suave (MARSARO JÚNIOR et al., 2017a).

A canola, durante o ciclo de cultivo, pode ser infestada e danificada por diversas pragas (insetos, fungos e plantas daninhas). Visando reduzir a incidência e os danos na cultura por esses agentes bióticos, os agricultores realizam aplicações de inseticidas, fungicidas e herbicidas nas lavouras (DE MORI et al., 2019; MARSARO JÚNIOR et al., 2019b).

O uso de produtos químicos reduz a incidência e os danos provocados pelas pragas, mas também podem afetar negativamente seus inimigos naturais (como por exemplo, as aranhas, artrópodes predadores com uma grande diversidade de espécies associadas à cultura da canola, conforme levantamento de Marsaro Júnior & Brescovit, 2023), bem como os polinizadores dessa cultura oleaginosa. Dentre os polinizadores que visitam a canola, durante a floração da cultura, em busca de alimento (néctar e pólen), destacam-se as abelhas, com mais de 40 espécies já registradas nessa cultura no estado do Rio Grande do Sul, de acordo com estudos de Witter & Tirelli (2014), Halinski et al. (2015), Halinski (2017) e Marsaro Júnior et al. (2017a). Os insetos polinizadores desempenham um papel fundamental na cultura da canola. A visitação de insetos em suas flores, principalmente de abelhas, promove aumento de 12% a 47% na produção de grãos, quando

comparada com a autogamia (flores não visitadas por insetos polinizadores) (MUSSURY & FERNANDES, 2000; BONMARCO et al., 2012; BLOCHTEIN et al., 2014).

As pragas podem ocorrer em todos os estádios de desenvolvimento da cultura da canola (vegetativo, floração e maturação) e a aplicação de agrotóxicos pode ocorrer, inclusive, na floração, conforme revelou levantamento de De Mori et al. (2017) e Marsaro Júnior et al. (2019a). Produtos químicos aplicados neste estágio de desenvolvimento de culturas agrícolas podem contaminar o néctar e o pólen das flores (KUBIK et al., 2000; CHAUZAT et al., 2006; WOLFF et al. 2008; PETTIS et al., 2013; YODER et al. 2013) e, inclusive, o corpo das abelhas que estão presentes na cultura durante a aplicação ou, mesmo após essa operação, visto que esses polinizadores podem tocar em partes das plantas (folhas e flores) impregnadas com os pesticidas (WOLFF et al., 2008; ROSA et al., 2015; ABRAHAM et al., 2018; STRAW et al., 2021; SAIBT, 2022).

Por meio dessas vias de contaminação (recursos florais e corpo do inseto), as abelhas forrageiras podem ingressar em suas colônias com esses contaminantes (pesticidas) e, por isso, a produção de mel poderá apresentar resíduos desses produtos químicos. Adicionalmente, as abelhas não detectam a presença de agrotóxicos em suas fontes de alimento, estudos tem mostrado que esses polinizadores não evitam a ingestão de alimentos contendo inseticidas, tais como organofosforados, neonicotinoides, piretroides, diamidas e clorfenapir (KESSLER et al., 2015; DORNELES et al., 2017a,b; TISON et al., 2019). Além disso, estudos mostram que as abelhas, a exemplo de *A. mellifera*, podem ser mais sensíveis a inseticidas quando comparadas com outros insetos, porque apresentam um menor número de genes que codificam enzimas desintoxicantes xenobióticas, sendo estas associadas à resistência a inseticidas, em outras espécies de artrópodes (CLAUDIANOS et al., 2006).

Estudos visando à detecção de agrotóxicos em mel no Brasil já foram realizados, sendo que grande parte deles mostrou que não havia presença desses químicos nas amostras analisadas ou que estavam em concentrações abaixo dos limites de quantificação dos métodos utilizados ou abaixo dos limites máximos de resíduos estabelecidos pela legislação brasileira e/ou da União Europeia (PITTELLA, 2009; ORSO et al., 2016; LOPES et al., 2018; RODRIGUES et al., 2018; SILVA JUNIOR et al., 2019; SILVA & FARIA, 2020; MARCOLIN et al., 2021). Porém, outros estudos mostraram que algumas amostras apresentaram a presença de agrotóxicos acima dos limites de quantificação dos métodos utilizados e/ou dos permitidos pelas legislações brasileira e/ou europeia (PINHO et al., 2010; VILCA et al., 2012; ORSO et al., 2014; TETTE et al., 2016; PINHEIRO et al., 2020; SOUZA et al., 2021). Vale ressaltar que o mel brasileiro apresenta qualidade e é muito reconhecido no mundo principalmente pela ausência de resíduos, pesticidas e metais pesados, sendo que diversos produtos apícolas brasileiros já foram premiados em importantes feiras e concursos no

exterior, premiações que variaram desde cor, sabor, aroma e até a alta tecnologia envolvida (MARQUELE-OLIVEIRA, 2017). Porém, é necessário que os monitoramentos acerca de contaminantes no mel sejam permanentes, a fim de se garantir a continuidade dessa qualidade reconhecida mundialmente.

No Brasil, visando monitorar a presença de agrotóxicos no mel, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal (PNCRC), na Instrução Normativa n° 5, estabeleceu os limites de referência para a presença de agrotóxicos em mel, contemplando 198 princípios ativos, abrangendo os grupos químicos dos benzimidazóis, carbamatos, compostos halogenados, neonicotinoides, organoclorados, organofosforados, pirazóis, piretroides e outros (com limites variando entre 05 µg/kg a 1000 µg/kg, a depender do princípio ativo ou à soma de princípios ativos) (BRASIL, 2019).

Considerando os escassos estudos sobre rastreamento de agrotóxicos em amostras de mel no Brasil (sendo um dos fatores o elevado custo das análises) e devido ao pequeno número de amostras que geralmente são analisadas, considerando a enorme dimensão territorial do país, são necessárias mais pesquisas visando ampliar o conhecimento acerca da qualidade do mel, com relação à presença de contaminantes químicos, no caso, os agrotóxicos, que têm sido aplicados nas lavouras agrícolas para o controle de pragas. Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo verificar se amostras de mel, produzidas a partir de floradas de canola, de lavouras cultivadas no estado do Rio Grande do Sul, apresentam resíduos de agrotóxicos. As informações geradas no presente trabalho poderão contribuir para ampliar o conhecimento sobre a qualidade do mel quando produzido em áreas no entorno de culturas agrícolas, bem como, para verificar se o manejo de pragas adotado nas lavouras pode contribuir para a presença de resíduos de agrotóxicos no mel.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS DE MEL

Inicialmente, os potes de plástico utilizados para o acondicionamento das amostras de mel foram higienizados (submersos em solução de água clorada a 50 ml/L, por 30 minutos, após foram enxaguados com álcool 70% e secos naturalmente). Posteriormente, os potes foram entregues para apicultores que instalaram colmeias de abelhas da espécie *Apis mellifera* durante a fase de florescimento da canola, *Brassica napus* L. var. *oleifera*, em lavouras cultivadas nos anos de 2015 e 2016, em municípios do estado do Rio Grande do Sul (RS). Após a florada da canola, os favos de mel foram colhidos e centrifugados, e o mel envasado nos potes higienizados, que foram etiquetados e em seguida lacrados. Foi obtido um total de 26 amostras de mel, em nove municípios do RS:

Bossoroca (duas), Colorado (sete), Ernestina (uma), Giruá (uma), Jari (três), Passo Fundo (uma), Santiago (três), São Luiz Gonzaga (três) e Tupanciretã (cinco). As amostras de mel, com 500 gramas cada uma, foram coletadas no período de agosto a setembro de 2015 e de julho a setembro de 2016 e, posteriormente, encaminhadas para o Laboratório de Entomologia da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

## 2.2 ANÁLISES DE AGROTÓXICOS NAS AMOSTRAS DE MEL

As amostras de mel, acondicionadas em potes de plástico lacrados, foram identificadas e enviadas para o Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR), Curitiba, estado do Paraná. No laboratório, as amostras foram submetidas ao ensaio de resíduos de agrotóxicos, através de metodologia multiresíduos, conforme AOAC (2012).

Um grupo de agrotóxicos foi pesquisado por cromatografia líquida/espectrometria de massas sequencial (LC-MS/MS) e outro grupo por cromatografia a gás/espectrometria de massas sequencial (GC-MS/MS), totalizando 305 princípios ativos rastreados, pertencentes a diferentes grupos químicos: avermectinas, benzimidazóis, benzoilureias, carbamatos, ciclodienos, compostos halogenados, diamidas, neonicotinoides, organoclorados, organofosforados, pirazóis, piretroides e outros.

Os limites de quantificação dos métodos para cada agrotóxico pesquisado foram: 4,0 µg/kg (aldrin, DDT total, dodecacloro pentaciclodecano, endossulfam, endrin, heptacloro, heptacloro epóxido, hexaclorciclohexano e lindano), 6,0 µg/kg (3-hidroxi-carbofurano, carbaril, carbofurano, dissulfotom, fempropatrina, fenamifós, permetrinas e terbufós) e 10,0 µg/kg para cada um dos demais princípios ativos.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Agrotóxicos detectados em amostras de mel produzido por *Apis mellifera*, a partir de floradas de canola, em municípios do estado do Rio Grande do Sul.

Amostra	Município	Ano	Pólen de canola (%) <sup>1</sup>	Agrotóxico	Tipo	Valor <sup>2</sup>	Limite <sup>3</sup>
A1	Bossoroca	2015	67,1	2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético) <sup>4</sup>	Herbicida	<LQM	NE <sup>5</sup>
				Epoxiconazol <sup>4</sup>	Fungicida	<LQM	50 µg/kg
				Imidacloprido <sup>4</sup>	Inseticida	<LQM	50 µg/kg
A2	Bossoroca	2015	82,1	2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético)	Herbicida	<LQM	NE
				Carbendazim <sup>4</sup>	Fungicida	20 µg/kg	1000 µg/kg
				Epoxiconazol	Fungicida	<LQM	50 µg/kg
				Imidacloprido	Inseticida	<LQM	50 µg/kg
A3	Colorado	2016	80,2	Não detectados			
A4	Colorado	2016	56,3	Não detectados			
A5	Colorado	2016	76,8	Não detectados			
A6	Colorado	2016	90,4	Carbendazim	Fungicida	10 µg/kg	1000 µg/kg
A7	Colorado	2016	35,1	Carbendazim	Fungicida	40 µg/kg	1000 µg/kg
A8	Colorado	2016	67,9	Não detectados			
A9	Colorado	2016	32,3	Não detectados			
A10	Ernestina	2016	88,8	Não detectados			

A11	Giruá	2015	48,6	2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético) Epoxiconazol Imidacloprido	Herbicida Fungicida Inseticida	<LQM <LQM <LQM	NE 50 µg/kg 50 µg/kg
A12	Jari	2016	79,4	Não detectados			
A13	Jari	2016	89,2	Carbendazim	Fungicida	100 µg/kg	1000 µg/kg
A14	Jari	2016	73,6	Não detectados			
A15	Passo Fundo	2015	22,1	2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético) Carbendazim Epoxiconazol Imidacloprido	Herbicida Fungicida Fungicida Inseticida	<LQM 10 µg/kg <LQM <LQM	NE 1000 µg/kg 50 µg/kg 50 µg/kg
A16	Santiago	2015	50,5	2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético) Epoxiconazol Imidacloprido	Herbicida Fungicida Inseticida	<LQM <LQM <LQM	NE 50 µg/kg 50 µg/kg
A17	Santiago	2016	89,4	Carbendazim	Fungicida	10 µg/kg	1000 µg/kg
A18	Santiago	2016	39,9	Carbendazim	Fungicida	20 µg/kg	1000 µg/kg
A19	São Luiz Gonzaga	2015	36,7	2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético)  Epoxiconazol Imidacloprido	Herbicida  Fungicida Inseticida	<LQM  <LQM <LQM	NE  50 µg/kg 50 µg/kg
A20	São Luiz Gonzaga	2016	87,8	Carbendazim	Fungicida	100 µg/kg	1000 µg/kg
A21	São Luiz Gonzaga	2016	26,7	Não detectados			
A22	Tupanciretã	2015	82,9	2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético) Epoxiconazol Deltametrina <sup>4</sup> Imidacloprido	Herbicida Fungicida Inseticida Inseticida	<LQM <LQM <LQM <LQM	NE 50 µg/kg 30 µg/kg 50 µg/kg
A23	Tupanciretã	2015	82,0	2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético) Carbendazim Epoxiconazol Imidacloprido	Herbicida Fungicida Fungicida Inseticida	<LQM 40 µg/kg <LQM <LQM	NE 1000 µg/kg 50 µg/kg 50 µg/kg
A24	Tupanciretã	2015	92,3	2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético) Carbendazim Epoxiconazol Imidacloprido	Herbicida Fungicida Fungicida Inseticida	<LQM 10 µg/kg <LQM <LQM	NE 1000 µg/kg 50 µg/kg 50 µg/kg
A25	Tupanciretã	2016	89,8	Carbendazim	Fungicida	20 µg/kg	1000 µg/kg
A26	Tupanciretã	2016	17,2	Não detectados			

<sup>1</sup>Porcentagem de grãos de pólen de canola na amostra. Além de canola, as amostras também continham, em diferentes proporções, grãos de pólen de Anacardiaceae (*Schinus*), Arecaceae, Asteraceae (*Baccharis*), Asteraceae (*Eupatorium*), Cunoniaceae (*Weinmannia*), Fabaceae (*Mimosa*), Fabaceae (*Inga*), Fagaceae (*Quercus*), Lamiaceae (*Hyptis*), Myrtaceae (*Eucalyptus*), Poaceae, Rutaceae (*Citrus*) e outros não identificados (MARSARO JÚNIOR et al., 2022).

<sup>2</sup><LQM – Agrotóxico em concentração abaixo do limite de quantificação do método utilizado que foi de 10 µg/kg.

<sup>3</sup>Limites de Referência (µg/kg) estabelecidos no Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal – PNCR de 2019, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instrução Normativa nº 5, de 23 de abril de 2019, BRASIL (2019).

<sup>4</sup>Agrotóxico não registrado para a cultura da canola (ANVISA, 2023b,c,d,e,f ; BRASIL, 2023).

<sup>5</sup>Limite máximo de resíduo não estabelecido para o mel (BRASIL, 2019).

Nas 26 amostras de mel analisadas, em dez não foram detectados agrotóxicos, em nove amostras foram detectados três princípios ativos [2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético), epoxiconazol e imidacloprido] em concentração abaixo do limite de quantificação do método utilizado (10 µg/kg), em uma amostra detectou-se o inseticida deltametrina, também abaixo do limite de quantificação do método, e em 11 amostras foi detectado o fungicida carbendazim, em concentrações que variaram entre 10 µg/kg e 100 µg/kg (Tabela 1). Contudo, o princípio ativo carbendazim, em todas as amostras, apresentou concentrações abaixo do limite máximo de resíduo permitido pela legislação brasileira para mel, estabelecido em 1000 µg/kg (BRASIL, 2019). Além disso, a Ingestão Diária Aceitável - quantidade máxima de agrotóxico que pode ser ingerida por dia, durante toda a vida, de modo a não causar danos à saúde, medida em miligramas de agrotóxico por

quilo de peso corpóreo (ANVISA, 2023a) - do fungicida carbendazim, foi definida em 0,02 mg/kg de peso corpóreo (ANVISA, 2023b). Portanto, para atingir o consumo dessa quantidade do referido princípio ativo, considerando o maior valor encontrado no presente estudo nas amostras (100 µg/kg), seriam necessários ingerir 200 g de mel por dia para cada kg de peso corpóreo.

O herbicida [2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético)] é registrado no Brasil para uso agrícola em 17 culturas, incluindo grandes culturas (algodão, café e cana-de-açúcar), anuais produtoras de grãos de inverno e verão, frutíferas (citros), pastagem e eucalipto (erradicação da cultura), mas não tem registro para uso na cultura da canola (ANVISA, 2023c; BRASIL, 2023). Considerando a legislação brasileira vigente, não há limite de referência estabelecido para a presença desse herbicida no mel (BRASIL, 2019). Com relação à presença de herbicidas em mel, Souza et al. (2021), ao avaliarem amostras provenientes de várias regiões do Brasil, visando a detecção de glifosato, verificaram que, em 15 das 40 amostras analisadas, o herbicida foi detectado em níveis acima do limite de quantificação do método utilizado e que, em seis amostras desse total, esse princípio ativo foi encontrado em níveis iguais ou superiores ao limite máximo de resíduo estabelecido pela legislação da União Europeia.

O inseticida imidacloprido é registrado no Brasil para uso agrícola em 55 culturas, incluindo grandes culturas (algodão, café e cana-de-açúcar), anuais produtores de grãos de inverno e verão, frutíferas, hortaliças, pastagens, florestais e plantas ornamentais, mas não tem registro para uso na cultura da canola (ANVISA, 2023d; BRASIL, 2023). De maneira semelhante ao presente estudo, esse inseticida já foi detectado em amostras de mel oriundas do Rio Grande do Sul, também em níveis abaixo do limite de quantificação do método utilizado (ORSO et al., 2016). Porém, diferentemente do presente estudo, Silva & Faria (2020), ao analisarem amostras de mel oriundas de cidades da região do triângulo mineiro (Minas Gerais), detectaram, em algumas dessas amostras, esse inseticida, em níveis acima dos limites de quantificação do método utilizado, mas ainda abaixo do limite máximo de resíduo estabelecido pela legislação europeia. Ressalta-se que o imidacloprido quando utilizado para o tratamento de sementes pode ser translocado e ser detectado no néctar e no pólen, conforme mostrou Eggen et al. (2013), no estudo realizado com colza (*Brassica napa* cv. Mosaikk), na Noruega. Manning (2018), em estudo realizado na Austrália com a cultura da canola, contemplando lavouras nas quais as sementes haviam sido tratadas com inseticidas neonicotinoides (imidacloprido e tiametoxam), com posterior introdução de colônias de abelhas *Apis mellifera*, na fase de florescimento das plantas, visando monitorar a presença de contaminantes nas colmeias, constatou a detecção de imidacloprido em pólen, pólen armazenado na colmeia e no mel, e de tiametoxam em mel. Porém, esses neonicotinoides detectados no mel estavam em níveis abaixo dos limites máximos de resíduos estabelecidos pela legislação da União Europeia. Esses estudos

sinalizam que o uso de produtos químicos para tratamento de sementes pode resultar na presença de contaminantes no néctar, no pólen e no mel (mesmo que dentro dos limites permitidos), mas, ainda assim, podendo afetar negativamente as abelhas forrageiras, toda a colônia, bem como a sanidade do mel produzido, a partir de plantas cujas sementes foram submetidas ao tratamento com defensivos agrícolas. Deve-se ressaltar que imidacloprido e tiametoxam, além de fipronil, já foram citados por produtores rurais do Rio Grande do Sul e do Paraná como sendo utilizados para tratamento de sementes de canola, visando ao manejo de pragas (MARSARO JÚNIOR et al., 2019b). Diante do exposto, recomenda-se que a escolha de produtos químicos a serem utilizados na cultura da canola deva ser realizada com cautela, a fim de não causar impactos aos polinizadores, bem como para a produção de mel.

O inseticida deltametrina é registrado no Brasil para uso agrícola em 60 culturas, incluindo grandes culturas (algodão, café, batata), anuais produtoras de grãos de inverno e verão, frutíferas, hortaliças, pastagens, florestais e plantas ornamentais, mas não tem registro para uso na cultura da canola (ANVISA, 2023e; BRASIL, 2023). Pinho et al. (2010), ao avaliarem 11 amostras de mel oriundas de Minas Gerais, visando o rastreamento de inseticidas, detectaram  $\lambda$ -cialotrina em uma das amostras (princípio ativo do mesmo grupo químico da deltametrina - piretroide), em concentração acima do limite máximo de resíduo estabelecido pela atual legislação brasileira, diferentemente do observado no presente estudo para deltametrina, cujo valor encontrado ficou abaixo do limite de quantificação do método utilizado.

O fungicida epoxiconazol é registrado no Brasil para uso agrícola em 16 culturas, incluindo grandes culturas (algodão, café e cana-de-açúcar), anuais produtoras de grãos de inverno e verão, e frutíferas (banana), mas não tem registro para uso na cultura da canola (ANVISA, 2023f; BRASIL, 2023). Ye et al. (2018), ao avaliarem 11 amostras de mel de origem chinesa, visando o monitoramento de fungicidas, detectaram epoxiconazol em cinco dessas amostras, porém em níveis abaixo do limite de quantificação do método utilizado, semelhantemente ao observado no presente estudo.

O fungicida carbendazim é registrado no Brasil para uso agrícola em 10 culturas, incluindo grandes culturas (algodão e cana-de-açúcar), anuais produtoras de grãos de inverno e verão, e frutíferas, mas não tem registro para uso na cultura da canola (ANVISA, 2023b; BRASIL, 2023). Além disso, recentemente, em agosto de 2022, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária publicou a Resolução – RDC n° 739 que estabelece a proibição do ingrediente ativo carbendazim em produtos agrotóxicos no país (permitindo aos agricultores que os produtos adquiridos possam ser utilizados até o seu esgotamento, respeitando-se o prazo de validade), dispõe sobre as medidas transitórias de mitigação de riscos para esse fungicida, define alterações na monografia relacionadas à classificação

de toxicidade e de danos para a saúde de seres humanos por exposição a esse princípio ativo, bem como define outras providências (ANVISA, 2022). Com relação à presença desse fungicida em mel, Silva & Faria (2020), ao analisarem amostras desse produto oriundas de cidades de Minas Gerais, detectaram também esse fungicida em uma das amostras, porém em concentração abaixo do limite de quantificação do método utilizado, diferindo do presente estudo, no qual esse princípio ativo foi detectado no mel em concentrações quantificáveis pelo método utilizado. Estudo realizado por Büchler et al. (2003), na Alemanha, mostrou que a aplicação de carbendazim, durante a plena floração de canola, com posterior análise desse fungicida em amostras de mel, resultou em elevados níveis desse princípio ativo nas amostras avaliadas. Segundo os autores, uma aplicação de carbendazim nas flores - devido às suas características específicas (ligeiramente hidrofílico em comparação a outros fungicidas) - pode resultar em níveis de resíduos extremamente altos em mel. Contudo, os níveis desse fungicida encontrados no mel nesse estudo ainda ficaram abaixo do limite máximo de resíduo estabelecido pela legislação brasileira e da União Europeia. Ainda assim, esse estudo sinaliza que o uso de produtos agrotóxicos durante a floração de canola deve ser realizado com bastante cuidado ou até evitado, sob o risco de resultar na presença de contaminantes no mel, além de poder ocasionar efeitos deletérios às abelhas.

Embora nenhum dos agrotóxicos detectados nas amostras analisadas, no presente estudo, tenha ultrapassado os limites estabelecidos pela legislação brasileira para mel, a detecção desses químicos indica que os produtos utilizados - para o manejo de problemas fitossanitários (pragas, doenças e plantas daninhas) na cultura da canola e/ou nas culturas de inverno adjacentes - estão sendo transportados pelas abelhas para as colmeias, contaminando o mel, e mantendo-se nesse alimento na forma de resíduos de princípios ativos, mesmo após o processamento do produto (extração, centrifugação e envase).

Não se pode afirmar que os agrotóxicos encontrados nas amostras de mel tenham sido oriundos, exclusivamente, de produtos aplicados nas lavouras de canola, visto que os princípios ativos detectados no presente estudo são registrados para uso em diversas culturas que são cultivadas na mesma época de cultivo da canola. Além disso, conforme informado na Tabela 1, de acordo com a análise polínica, outras plantas além da canola também foram visitadas pelas abelhas, cultivadas ou não cultivadas, incluindo-se arbustivas, frutíferas e florestais. Vale ressaltar que a abelha africanizada, *A. mellifera*, quando necessário, pode voar por mais de 10 km a partir de sua colmeia para coletar recursos florais (BEEKMAN & RATNIEKS, 2000). A aplicação de produtos químicos nessas outras plantas visitadas pelas abelhas, incluindo-se plantas daninhas, seguido de visitação desses polinizadores em suas flores, pode ter contribuído para a presença dos resíduos de agrotóxicos detectados nas amostras de mel.

Considerando-se que em todas as lavouras de canola foram realizados os tratamentos culturais mínimos, incluindo-se a aplicação de produtos químicos, é relevante que em amostras de mel com elevada porcentagem de grãos de pólen de canola - indicando predominância de visitação pelas abelhas nessa cultura para obtenção de recursos florais – o fungicida carbendazim tenha sido detectado em algumas delas (A2, A6, A13, A17, A20, A23, A24 e A25), mas em outras não (A3, A5, A10 e A12) (Tabela 1). Isso pode indicar que os manejos das lavouras desses dois grupos tenham sido diferentes, principalmente no período de florescimento da canola, possivelmente com aplicação desse fungicida nas lavouras das quais foram obtidas as amostras do primeiro grupo e com a ausência de aplicação desse agrotóxico nas lavouras que originaram as amostras do segundo grupo. O uso de agrotóxicos na floração, incluindo-se o carbendazim, tem sido realizado por produtores de canola, conforme mostrou estudos realizados por De Mori et al. (2017, 2019) e Marsaro Júnior et al. (2019a,b). Ademais, todos os princípios ativos de agrotóxicos detectados no presente estudo nas amostras de mel foram citados por produtores que cultivam canola, sendo utilizados para o manejo de problemas fitossanitários, conforme revelaram os levantamentos realizados por De Mori et al. (2017, 2019) e Marsaro Júnior et al. (2019b).

O manejo de insetos-praga na cultura da canola, por exemplo, ainda precisa evoluir. Estudo realizado por Marsaro Júnior et al. (2019b) revelou que a maioria dos produtores de canola não utiliza critérios técnicos para a tomada de decisão de controle desses insetos (de acordo com os princípios do Manejo Integrado de Pragas – MIP), os agricultores tomam a decisão para a realização do controle, principalmente, baseados na constatação da presença dos insetos e de injúrias nas plantas, e por meio da realização de aplicações preventivas/calendarizadas. O manejo inadequado de insetos-praga pode comprometer a sustentabilidade de uma cultura, devido a aplicações ineficientes ou desnecessárias de inseticidas e ao consequente aumento dos custos de produção, conforme já constatado para as culturas da soja e trigo (CONTE et al., 2014, 2015, 2016; MARSARO JÚNIOR et al., 2017b), além de poder reduzir as populações de polinizadores e de inimigos naturais de pragas, comprometendo o rendimento de grãos. Ressalta-se que o Brasil é o maior consumidor de inseticidas do mundo e o consumo desses defensivos agrícolas aumentou em mais de 150% em 15 anos (SANTOS et al., 2018). Nesse sentido, são necessárias medidas para reduzir o uso e os impactos negativos da aplicação desses químicos no meio ambiente. Uma das estratégias que pode contribuir para isso é a adoção dos princípios do MIP, visando ao controle de insetos-praga, uma vez que proporciona uma série de benefícios ao meio ambiente, destacando-se a redução do número de aplicações de inseticidas quando comparado com o sistema convencional de controle, conforme constatou Conte et al. (2016) e Marsaro Júnior et al. (2017b) para as culturas da soja e do trigo. Por isso, de maneira semelhante a essas outras culturas, o manejo adequado das

pragas da canola poderá reduzir o uso de produtos químicos e os seus impactos negativos sobre os polinizadores, garantindo a preservação das abelhas e de seus benefícios (polinização, produção de mel, maior rendimento de grãos).

O manejo dos insetos polinizadores (abelhas presentes nas propriedades rurais ou as introduzidas nas lavouras), visando à sua preservação e sua conservação, nas áreas rurais que cultivam canola, também precisa evoluir. Estudo realizado por Marsaro Júnior et al. (2019a) revelou que os produtores de canola apresentam baixo conhecimento acerca da identificação das espécies nativas de abelhas que visitam as flores de canola e que eles não realizam algumas práticas amigáveis importantes para os polinizadores; que grande parte desses agricultores aplica inseticidas no período de florescimento da cultura, caso haja pragas, embora relatem cuidados para minimizar o impacto dos inseticidas sobre as abelhas; e que eles também apresentam dificuldades para o estabelecimento de parcerias com apicultores para polinização dirigida (introdução de colmeias de abelhas nas lavouras); entre outros.

As dificuldades de manejo de polinizadores apresentadas pelos produtores rurais podem ser sanadas, conforme algumas sugestões apontadas por Marsaro Júnior et al. (2019a), como por exemplo, realização de cursos e treinamentos sobre polinização/polinizadores, capacitação prática sobre o tema por meio da assistência técnica (pública ou privada) e a criação de mecanismos de interação entre agricultores e apicultores; além disso, por meio da leitura de publicações relacionadas ao tema, elaboradas por WITTER (2014), WITTER et al. (2014b), BLOCHTEIN et al. (2015) e MARSARO JÚNIOR et al. (2017a).

O uso inadequado de defensivos agrícolas não impacta apenas na produção de alimentos, contribuindo para a indesejável presença de seus resíduos em produtos e subprodutos. A utilização de agrotóxicos, em áreas agrícolas, além de causar danos ambientais, tem sido considerada uma das causas do declínio das populações e da extinção de abelhas no mundo (POTTS et al., 2010). Diversos estudos têm mostrado que os agrotóxicos causam efeitos deletérios sobre esses polinizadores. Os inseticidas, por exemplo, causam toxicidade aguda, ocasionando a morte de abelhas, inclusive de espécies silvestres, quando esses polinizadores são expostos a esses produtos - por contato direto (quando atingem o corpo do inseto) ou de forma residual (quando os insetos tocam em superfícies contendo resíduos desses produtos, como em folhas e flores, por exemplo), conforme demonstraram estudos de LAURINO et al. (2011), TOMÉ et al. (2015), CARMO et al. (2017), DORNELES et al. (2017a), BELSKYA et al. (2022) e STUCHI et al. (2023). A toxicidade aguda também pode ocorrer por meio da via oral (ingestão de alimentos contaminados por inseticidas), afetando tanto larvas como abelhas adultas, conforme demonstraram estudos de LAURINO et al. (2011), TOMÉ et al. (2015), DORNELES et al. (2017a,b), VICARI et al. (2017),

MOREIRA et al, (2018), ARAUJO et al. (2019) e ROSA-FONTANA et al. (2020). Além desses efeitos letais, os inseticidas também podem causar diversos efeitos subletais às abelhas, como redução da sobrevivência, do tamanho, da massa corporal e das asas; alterações comportamentais, cerebrais, de aprendizado visual, de processamento da memória e do tempo de desenvolvimento; formação de espécimes assimétricos; comprometimento da decolagem e reduções na atividade de voo e no número de crias; bem como, desnutrição de rainhas (AMIR & PEVELING, 2004; ROCHA, 2012; TOMÉ et al., 2015; ROSA et al., 2016; OTESBELGUE et al., 2018; TISON et al., 2019, LUDICKE & NIEH, 2020; DORNELES et al., 2021; FARDER-GOMES et al., 2021).

Os fungicidas, produtos utilizados para o controle de fungos em plantas cultivadas, em princípio, não deveriam causar efeitos adversos sobre as abelhas, mas estudos têm mostrado que esses defensivos agrícolas podem provocar diversos efeitos deletérios sobre esses polinizadores, como repelência, redução da atividade de forrageamento e das taxas de sobrevivência, lesões no intestino médio, morte celular (presença de núcleos atípicos), enfraquecimento da saúde das colônias, mortalidade, e, também, podem aumentar a suscetibilidade para infecção por patógeno intestinal, causada pelo fungo *Nosema ceranae* (JOHANSEN & MAYER, 1990; MUSSEM et al., 2004; PETTIS et al., 2013; CARNEIRO et al., 2020; DOMINGUES et al., 2020; DESJARDINS et al., 2021).

Ainda sobre os fungicidas, outro efeito deletério desses químicos sobre as abelhas merece atenção e preocupação. Estudos têm mostrado que a presença e o consumo de fungos benéficos, que se desenvolvem em grãos de pólen armazenados na colônia e em células de cria, numa relação simbiótica mutualística entre esses microrganismos e as abelhas, são importantes para alimentação e o desenvolvimento das larvas desses polinizadores, conforme mostraram Yoder et al. (2013), Menezes et al. (2015) e Paludo et al. (2018). Dito isso, ainda no estudo de Yoder et al. (2013), os autores relataram que quanto mais fungicidas foram detectados nos grãos de pólen armazenados nas colônias, menores foram a abundância e a diversidade de fungos benéficos, e que muitas das colmeias de abelhas que continham esse alimento contaminado por esses produtos químicos apresentaram sintomas de “chalkbrood” (ascoferiose - uma doença fúngica causada pelo patógeno *Ascosphaera apis*). Assim, embora os fungicidas possam não ter um impacto direto sobre as abelhas, de forma tão expressiva quanto os inseticidas, eles podem torná-las mais vulneráveis às doenças, conforme mostraram Pettis et al. (2013) e Yoder et al. (2013), e afetar a alimentação e o desenvolvimento das larvas, uma vez que podem provocar efeitos deletérios sobre os fungos simbióticos benéficos, conforme mostraram Yoder et al. (2013).

Os herbicidas, produtos utilizados para o controle de plantas daninhas em culturas agrícolas, à semelhança dos fungicidas, também não deveriam ocasionar efeitos adversos sobre as abelhas,

mas estudos têm demonstrado que esses defensivos químicos podem provocar efeitos deletérios sobre esses polinizadores, como redução da população de indivíduos adultos e na área de cria; redução na construção de realeiras, de bactérias benéficas no intestino, da atividade antenal e da frequência do sono; bem como, ocasionarem a mortalidade (ABRAHAM et al., 2018; MOTTA et al., 2020; VÁZQUEZ et al., 2020; STRAW et al., 2021; FAITA et al., 2023).

Portanto, considerando os diversos efeitos negativos dos agrotóxicos sobre as abelhas, recomenda-se evitar o uso desses produtos nas culturas que são visitadas por esses polinizadores, principalmente durante o estágio de floração. Caso seja imprescindível a aplicação desses químicos nas lavouras, recomenda-se que sejam tomados todos os cuidados possíveis para minimizar o efeito desses produtos sobre esses polinizadores, como, por exemplo, realizar as aplicações à noite, logo ao amanhecer ou adiantado crepúsculo, quando as abelhas não estiverem mais forrageando; priorizar o uso de produtos que sejam seletivos para abelhas; utilizar formulações de produtos que ofereçam menor risco para esses polinizadores; entre outros. Outras ações para reduzir a exposição das abelhas aos agrotóxicos podem ser consultadas em Freitas & Pinheiro (2012), Rocha (2012), Witter et al. (2014b), Blochtein et al. (2015) e Marsaro Júnior et al. (2017a). Além disso, recomenda-se que a tomada de decisão pelo uso de agrotóxicos seja realizada em comum acordo entre agricultores, apicultores, vizinhos da lavoura a ser tratada e profissionais da agricultura; que os produtos utilizados sejam apropriados para proteger os polinizadores nativos e/ou introduzidos; e que, caso haja colmeias na área a ser tratada, que essas sejam removidas, antes das pulverizações, quando o risco de exposição das abelhas aos agrotóxicos for elevado (FREITAS & PINHEIRO, 2012; WITTER et al, 2014a).

Ainda que os valores encontrados dos agrotóxicos nas amostras de mel, do presente estudo, estejam abaixo dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, sendo, portanto, esse alimento considerado seguro para o consumo, acende-se o alerta de que os manejos inadequados adotados nas culturas visitadas pelas abelhas estão refletindo-se na presença de resíduos de agrotóxicos no mel, que é um produto geralmente consumido *in natura*. Isso indica que são necessárias ações no sentido de se manejar adequadamente os problemas fitossanitários nas lavouras sem comprometer a produção segura de mel. Baseado nos resultados encontrados no presente estudo, ressalta-se que não estamos desestimulando o consumo de mel, ao contrário, o consumo deste produto nobre deve ser estimulado visto que é fonte de energia e apresenta diversos nutrientes como cálcio, fósforo, manganês, magnésio e potássio, além de vitaminas, principalmente tiamina (B1) e C, e traços de riboflavina (B2), niacina (B3) e piridoxina (B6) (TACO, 2011). Portanto, ressaltamos que nem todo o mel disponível no mercado para consumo apresenta resíduos de agrotóxicos. Este trabalho foi pontual e não pode e não deve ser extrapolado para a cadeia produtiva do mel, de tal forma que

venha a causar impactos negativos sobre a segurança de produção e o consumo deste nobre produto. A qualidade e a segurança do mel brasileiro são garantidas por fiscalizações e por análises laboratoriais criteriosas, tanto que o mel produzido no Brasil é exportado para diversos países que são bastante rigorosos quando se trata de segurança alimentar. O objetivo do trabalho foi apenas chamar a atenção de que o uso inadequado de agrotóxicos pode contaminar os alimentos, inclusive o mel.

Finalmente, ressalta-se que é possível conciliar a produção de mel de forma segura concomitantemente com uma agricultura moderna, eficiente e sustentável. Atualmente, há diversas estratégias de controle que podem ser integradas num programa de manejo de pragas (inclusive com o uso de agrotóxicos) e que são mais seletivas (menos impactantes) para os polinizadores, como por exemplo, uso de agentes biológicos e microbiológicos de controle de pragas (liberação/aplicação de predadores, parasitoides, fungos, vírus, bactérias, etc.); controle comportamental com uso de feromônios de insetos-praga; uso de plantas tolerantes/resistentes a pragas; etc. Adicionalmente, as pragas também podem ser manejadas pelo controle biológico conservativo, por meio da preservação de vegetação nativa que serve de abrigo para os inimigos naturais das pragas (que buscarão recursos florais, presas e hospedeiros nas lavouras) e também de abrigo para os polinizadores (que permanecerão nas proximidades das lavouras, buscando recursos florais nas culturas agrícolas, além de contribuir para sua polinização e aumento na produção de frutos e grãos). Ressalta-se que não estamos condenando o uso de agrotóxicos para o manejo de problemas fitossanitários, estamos apenas enfatizando que o uso desses defensivos agrícolas nas lavouras deve ser realizado de forma cuidadosa, responsável, com critérios técnicos e de forma integrativa com outras estratégias de controle, de acordo com os princípios do Manejo Integrado de Pragas, de Doenças e de Plantas Daninhas, e de tal forma a ocasionar o menor impacto possível sobre o meio ambiente e sobre os polinizadores, e que proporcione a maior segurança possível na produção de alimentos, isentos de resíduos desses químicos ou com valores mínimos, abaixo dos limites considerados seguros pela legislação brasileira.

Este trabalho contribuiu para ampliar o conhecimento acerca do rastreamento de agrotóxicos em amostras de mel no Brasil e para sinalizar que manejos inadequados de pragas, doenças e plantas daninhas podem contribuir para a presença de resíduos de agrotóxicos nesse produto apícola.

Os resultados do presente estudo, detecção de agrotóxicos nas amostras de mel, ainda que de acordo com a legislação brasileira, contribui, para a academia, uma vez que ampliou o conhecimento científico com relação à presença de resíduos de agrotóxicos em mel no Brasil, produzido a partir de colmeias de abelhas instaladas no entorno da cultura da canola. Este trabalho também contribui para a sociedade uma vez que, ciente da presença de resíduos de pesticidas em

mel, ainda que em níveis reduzidos, poderá exigir maior controle e maior segurança com relação à presença de contaminantes nos alimentos.

Apesar dos relevantes resultados obtidos no presente estudo, acredita-se que o número de amostras analisadas de mel, considerando-se a área cultivada com canola no Brasil, tenha sido pequeno. Sendo assim, é de suma importância que futuros estudos analisassem um maior número de amostras de mel, nas diferentes regiões que cultivam canola no sul do Brasil, bem como, em demais culturas agrícolas que são utilizadas pelas abelhas para a produção de mel.

#### 4 CONCLUSÕES

Das 26 amostras de mel analisadas, em dez não foram detectados agrotóxicos.

Em nove amostras foram detectados três princípios ativos [2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxacético), epoxiconazol e imidacloprido] em concentração abaixo do limite de quantificação do método utilizado, e em uma amostra detectou-se o inseticida deltametrina, também abaixo do limite de quantificação do método.

Em 11 amostras foi detectado o fungicida carbendazim, em concentrações que variaram entre 10 µg/kg e 100 µg/kg, porém, em todas as amostras, as concentrações ficaram abaixo do limite máximo de resíduo permitido para esse princípio ativo pela legislação brasileira para mel (1000 µg/kg).

De acordo com os resultados das amostras analisadas, o mel foi considerado seguro para consumo, considerando os limites de resíduos de agrotóxicos estabelecidos pela legislação brasileira.

#### AGRADECIMENTOS

À EMBRAPA pelo suporte financeiro para a realização das análises dos agrotóxicos nas amostras de mel, por meio do projeto “Manejo da Entomofauna na Cultura da Canola”, número 03.14.01.003.00.00.

## REFERÊNCIAS

ABRAHAM, J. et al. Commercially formulated glyphosate can kill non-target pollinator bees under laboratory conditions. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 166, p. 695–702, 2018.

AMIR, O. G.; PEVELING, R. Effect of triflumuron on brood development and colony survival of free-flying honeybee, *Apis mellifera* L. **Journal of Applied Entomology**, v. 128, n. 4, p. 242- 249, 2004.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2022. **Resolução – RDC nº 739, de 8 de agosto de 2022**. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, Seção 1, p.1. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=08/08/2022&jornal=600&pagina=1>. Acesso em: 17 jun. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Agrotóxicos em alimentos**. 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acesoainformacao/perguntasfrequentes/agrotoxicos/agrotoxicos-em-alimentos>; Acesso em 13 mar. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Monografia Carbendazim**. 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/c/4227json-file-1>. Acesso em: 18 jun. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Monografia 2,4-D**. 2023c. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/d/4285json-file-1>. Acesso em: 18 jun. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Monografia Imidacloprido**. 2023d. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/g-h-i/4400json-file-1>. Acesso em: 18 jun. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Monografia Deltametrina**. 2023e. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/d/4273json-file-1>. Acesso em: 18 jun. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Monografia Epoxiconazol**. 2023f. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/e/4317json-file-1>. Disponível em: Acesso em: 18 jun. 2023.

AOAC. Official Method 2007.01. In: LATIMER, G. W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of AOAC INTERNACIONAL**. Gaithersburg, Maryland: AOAC INTERNACIONAL, v.1, 19th ed., 2012.

ARAUJO, R. S. et al. Spinosad-mediated effects on survival, overall group activity and the midgut of workers of *Partamona helleri* (Hymenoptera: Apidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 175, p. 148–154, 2019.

BEEKMAN, M.; RATNIEKS, F. L. W. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. **Functional Ecology**, v. 14, n. 4, p. 490-496, 2000.

BELSKYA, J. et al. Various routes of formulated insecticide mixture whole-body acute contact toxicity to honey bees (*Apis mellifera*). **Environmental Challenges**, v. 6, p. 1-10, 2022.

BLOCHTEIN, B. et al. Comparative study of the floral biology and of the response of productivity to insect visitation in two rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 4, p. 787-794, 2014.

BLOCHTEIN, B. et al. **Plano de manejo para polinização da cultura da canola: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica.** Rio de Janeiro: FUNBIO, 2015, 40p.

BONMARCO, R. et al. Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. **Oecologia**, v. 169, n. 4, p. 1025-1032, 2012.

BRASIL. **Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal – PNCRC de 2019.** Instrução Normativa nº 5, de 23 de abril de 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/InstruoNormativaN05.2019PNCRC2019.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit: sistema de agrotóxicos fitossanitários.** 2023. Disponível em: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 19 jun. 2023.

BÜCHLER, R. et al. Residues of Carbendazim and other fungicides in honey due to blossom application in canola. **Gesunde Pflanzen**, v. 55, p. 217-221, 2003.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola grower's manual.** Disponível em: <https://www.canolacouncil.org/?s=Canola+grower%C2%B4s+manual>. Acesso em: 27 nov. 2020.

CARMO, D. G. et al. Toxicidade de inseticidas comerciais, por ação de contato, para *Apis mellifera*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 145-148.

CARNEIRO, L. S. et al. The fungicide iprodione affects midgut cells of non-target honey bee *Apis mellifera* workers. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 189, p. 1-7, 2020.

CHAUZAT, M. P. et al. A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 2, p. 253-262, 2006.

CLAUDIANOS, C. et al. A deficit of detoxification enzymes: pesticide sensitivity and environmental response in the honeybee. **Insect Molecular Biology**, v. 15, p. 615-636, 2006.

CONAB. **Produção Agrícola. Safra - Série histórica dos grãos. Canola.** 2023. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-graos.html>. Acesso em: 14 jun. 2023.

CONTE, O. et al. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2013/2014 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 56 p. (Embrapa Soja, Documentos, 356).

CONTE, O. et al. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2014/2015 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 60 p. (Embrapa Soja, Documentos, 361).

CONTE, O. et al. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2015/2016 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 59 p. (Embrapa Soja, Documentos, 375).

DE MORI, C. et al. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 38 p. 2014. (Embrapa Trigo. Documentos online, 149).

DE MORI, C. et al. Levantamento de ações de controle de doenças de canola utilizadas por produtores no sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 59-67.

DE MORI, C. et al. **Levantamento de tecnologias empregadas no cultivo de canola pelos produtores do Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2019. 56 p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 181).

DESJARDINS, N. S. et al. A common fungicide, Pristine®, impairs olfactory associative learning performance in honey bees (*Apis mellifera*). **Environmental Pollution**, v. 288, p. 1-8, 2021.

DOMINGUES, C. C. E. et al. Fungicide pyraclostrobin affects midgut morphophysiology and reduces survival of Brazilian native stingless bee *Melipona scutellaris*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 206, p. 1-9, 2020.

DORNELES, A. L. et al. Toxicity of organophosphorus pesticides to the stingless bees *Scaptotrigona bipunctata* and *Tetragonisca fiebrigi*. **Apidologie**, v. 48, n. 5, p. 612-620, 2017a.

DORNELES, A. L. et al. Toxicidade oral aguda de inseticidas utilizados em Brassicaceae para *Apis mellifera*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2017b. p. 129-135.

DORNELES, A. L. et al. Larvae of stingless bee *Scaptotrigona bipunctata* exposed to organophosphorus pesticide develop into lighter, smaller and deformed adult workers. **Environmental Pollution**, v. 272, p. 1-8, 2021.

EGGEN, T. et al. Translocation of imidacloprid from coated rape (*Brassica napra*) seeds to nectar and pollen. **NJF Report**, n. 9 (3), p. 139-140, 2013. Disponível em: <https://orgprints.org/id/eprint/24583/1/24583.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2023.

FAITA, M. R. et al. Glyphosate residue in honey and impacts on africanized bee hives under field conditions. **Dataset Reports**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2023.

FARDER-GOMES, C. F. et al. Harmful effects of fipronil exposure on the behavior and brain of the stingless bee *Partamona helleri* Friese (Hymenoptera: Meliponini). **Science of the Total Environment**, v. 794, p. 1-10, 2021.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. **Polinizadores e pesticidas: princípios de manejo para os ecossistemas brasileiros**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2012. 112 p.

HALINSKI, R. **Polinizadores de canola: perspectivas para o manejo sustentável de insetos, produtividade de grãos e mudanças climáticas.** Tese (Doutorado em Zoologia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 149 p. 2017.

HALINSKI, R. et al. Bee assemblage in habitats associated with *Brassica napus* L. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 59, n. 3, p. 222-228, 2015.

JOHANSEN, C. A.; MAYER, D. F. **Pollinator protection: a bee & pesticide handbook.** Cheshire, USA: Wicwas Press, 1990, 212 p.

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

KUBIK, M. et al. Residues of captan (contact) and difenoconazole (systemic) fungicides in bee products from an apple orchard. **Apidologie**, v. 31, p. 531-541, 2000.

LAURINO, D. et al. Toxicity of neonicotinoid insecticides to honey bees: laboratory tests. **Bulletin of Insectology**, v. 64, n. 1, p. 107-113, 2011.

LOPES, T. O. et al. **Resíduos de agrotóxicos em mel produzido nas casas do mel da Região das Missões-RS.** In: Simpósio de Segurança Alimentar, 6, 2018, Gramado, RS: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos-RS. p. 1-6. Disponível em: [http://www.schenautomacao.com.br/ssa/envio/files/160\\_arqnovo.pdf](http://www.schenautomacao.com.br/ssa/envio/files/160_arqnovo.pdf). Acesso em: 09/05/23.

LUDICKE, J. C.; NIEH, J. C. Thiamethoxam impairs honey bee visual learning, alters decision times, and increases abnormal behaviors. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 193, p. 1-7, 2020.

MANNING, R. Chemical residues in beebread, honey, pollen and wax samples collected from bee hives placed on canola crops in Western Australia. **Journal of Apicultural Research**, v. 57, n. 5, p. 696-708, 2018.

MARCOLIN, L. C. et al. Meliponinae and *Apis mellifera* honey in southern Brazil: physicochemical characterization and determination of pesticides. **Food Chemistry**, v. 363, p. 1-10, 2021.

MARQUELE-OLIVEIRA et al. Fundamentals of brazilian honey analysis: an overview. In: TOLEDO, V. A. A. (Ed.). **Honey Analysis**. Rijeka: InTech, 2017. p. 139-170.

MARSARO JÚNIOR, A. L. et al. **Diversidade de abelhas na cultura da canola no Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, Documentos online 168, 22 p., 2017a.

MARSARO JÚNIOR, A. L. et al. **Manejo de insetos pragas na sucessão trigo-soja em Passo Fundo, RS.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, Documentos 182, 31 p., 2017b.

MARSARO JÚNIOR, A. L. et al. **Manejo de insetos polinizadores adotado por produtores de canola do Rio Grande do Sul e do Paraná.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, Circular técnica online 43, 20 p., 2019a.

MARSARO JÚNIOR, A. L. et al. **Caracterização do manejo de insetos-praga da canola adotado por produtores no Rio Grande do Sul e no Paraná.** Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, Documentos, 182, 33 p., 2019b.

MARSARO JÚNIOR, A. L. et al. Caracterização físico-química e palinológica de mel de *Apis mellifera*, obtido a partir de florada de canola, de municípios do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Científica Intelletto**, v. 7, n. 1, p. 108 – 126, 2022.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; BRESCOVIT, A. D. Flutuação populacional de aranhas na cultura da canola, em Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 1, p. 632-645, 2023.

MENEZES, C. et al. A brazilian social bee must cultivate fungus to survive. **Current Biology**, v. 25, p. 2851–2855, 2015.

MOREIRA, D. R. et al. Toxicity and effects of the neonicotinoid thiamethoxam on *Scaptotrigona bipunctata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae). **Environmental Toxicology**, v. 33, n. 4, p. 463-475, 2018.

MOTTA, E. V. S. et al. Oral and topical exposure to glyphosate in herbicide formulation impact the gut microbiota and survival rates of honey bees. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 86, n. 18, p. 1-21, 2020.

MUSSEN, E. C. et al. Effects of selected fungicides on growth and development of larval honey bees, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). **Environmental Entomology**, v. 33, n. 5, p. 1151-1154, 2004.

MUSSURY, R. M.; FERNANDES, W. Studies of the floral biology and reproductive system of *Brassica napus* L. (Cruciferae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 43, n. 1, p. 111-117, 2000.

ORSO, D. et al. Multiresidue determination of pesticide residues in honey by modified QuEChERS method and gas chromatography with electron capture detection. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 25, n. 8, p. 1355-1364, 2014.

ORSO, D. et al. Simultaneous determination of multiclass pesticides and antibiotics in honey samples based on ultrahigh performance liquid chromatography - tandem mass spectrometry. **Food Analytical Methods**, v. 9, p. 1638–1653, 2016.

OTESBELGUE, A. et al. Queen bee acceptance under threat: neurotoxic insecticides provoke deep damage in queen-worker relationships. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 166, p. 42–47, 2018.

PALUDO, C. R. et al. Stingless bee larvae require fungal steroid to pupate. **Scientific Reports**, v. 8, p. 1-10, 2018.

PETTIS, J. S. et al. Crop pollination exposes honey bees to pesticides which alters their susceptibility to the gut pathogen *Nosema ceranae*. **PLoS ONE**, v. 8, n. 7, p. 1-9, 2013.

PINHEIRO, C. G. M. D. E. et al. Pesticide residues in honey from stingless bee *Melipona subnitida* (Meliponini, Apidae). **Journal of Apicultural Science**, v. 64, n. 1, p. 29-36, 2020.

PINHO, G. P. et al. Optimization of the liquid–liquid extraction method and low temperature purification (LLE–LTP) for pesticide residue analysis in honey samples by gas chromatography. **Food Control**, v. 21, p. 1307–1311, 2010.

PITTELLA, C. M. **Determinação de resíduos de pesticidas em mel de abelhas (*Apis sp.*) por cromatografia de fase gasosa acoplada à espectrometria de massas**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 117 p. 2009.

POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

ROCHA, M. C. L. S. A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento**. Brasília: Ibama, 2012, 88 p.

RODRIGUES, C. S. et al. Quality of Meliponinae honey: pesticides residues, pollen identity, and microbiological profiles. **Environmental Quality Management**, v. 27, p.39–45, 2018.

ROSA, A. S. et al. Consumption of the neonicotinoid thiamethoxam during the larval stage affects the survival and development of the stingless bee, *Scaptotrigona aff. depilis*. **Apidologie**, v. 47, p. 729–738, 2016.

ROSA-FONTANA, A. et al. What is the most suitable native bee species from the Neotropical region to be proposed as model-organism for toxicity tests during the larval phase? **Environmental Pollution**, v. 265, p.1-9, 2020.

SAIBT, N. **Determinação multirresíduo de agrotóxicos em abelha (*Apis mellifera*) empregando MINI-QuEChERS e UHPLC-MS/MS**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 108 p. 2022.

SANTOS, C. F. et al. The dilemma of agricultural pollination in Brazil: beekeeping growth and insecticide use. **PLoS ONE**, v. 13, n. 7, p. 1-13., 2018.

SILVA JUNIOR, E. D. et al. Determinação de resíduos de agrotóxicos em mel e análise palinológica. **Educação Ambiental em Ação**, v. 18, n. 69, 2019. Disponível em: <<http://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3851>>. Acesso em: 27 abr. 2023.

SILVA, R. A. G.; FARIA, A. M. Determinação de multirresíduos de agrotóxicos em méis produzidos na região do Triângulo Mineiro por UHPLC-MS/MS. **Química Nova**, v. 43, n. 3, p. 307-313, 2020.

SOUZA, A. P. F. et al. Glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) residues in Brazilian honey. **Food Additives & Contaminants**, v. 14, n. 1, p. 40–47, 2021.

STRAW, E. A. et al. Roundup causes high levels of mortality following contact exposure in bumble bees. **Journal of Applied Ecology**, v. 58, p. 1167–1176, 2021.

STUCHI, A. L. P. B. et al. Toxicological evaluation of different pesticides in *Tetragonisca angustula* Latreille (Hymenoptera, Apidae). **Acta Scientiarum**, v. 45, p. 1-11, 2023.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p.

TETTE, P. A. S. et al. Multiclass method for pesticides quantification in honey by means of modified QuEChERS and UHPLC–MS/MS. **Food Chemistry**, v. 211, p. 130–139, 2016.

TISON, L. et al. The neonicotinoid clothianidin impairs memory processing in honey bees. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 180, p. 139–145, 2019.

TOMÉ, H. V. V. et al. Reduced-risk insecticides in Neotropical stingless bee species: impact on survival and activity. **Annals of Applied Biology**, v. 167, p. 186–196, 2015.

VÁZQUEZ, D. E. et al. Sleep in honey bees is affected by the herbicide glyphosate. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1-8, 2020.

VICARI, C. C. et al. Efeito do inseticida clorantraniliprole no desenvolvimento larval e na determinação de rainha da abelha sem ferrão *Plebeia droryana*. In: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12.; MOSTRA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TRIGO, 9., 2017, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2017. p. 34.

VILCA, F. Z. et al. Quechers approach for the determination of seven pesticide residues in Brazilian honey samples using GC- $\mu$ ECD. **Journal of Food Science and Engineering**, v. 2, p. 163-169, 2012.

WITTER, S. **Abelhas na polinização da canola: benefícios ambientais e econômicos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014. 71 p.

WITTER, S. et al. **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014a. 143 p.

WITTER, S. et al. Práticas amigáveis aos polinizadores em áreas agrícolas. In: WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B. (Org.). **Abelhas na polinização da canola: benefícios ambientais e econômicos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014b. p. 49-60.

WITTER, S.; TIRELLI, F. Polinizadores nativos presentes em lavouras de canola no Rio Grande do Sul. In: WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B. (Org.). **Abelhas na polinização da canola: benefícios ambientais e econômicos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014. p. 29-36.

WOLFF, L. F. et al. **Abelhas melíferas: bioindicadores e qualidade ambiental e de sustentabilidade da agricultura familiar de base ecológica**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, Documentos, 244, 38 p., 2008.

YE, X. et al. Trace enantioselective determination of triazole fungicides in honey by a sensitive and efficient method. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 74, p. 62–70, 2018.

YODER, J. A. et al. Fungicide contamination reduces beneficial fungi in bee bread based on an area-wide field study in honey bee, *Apis mellifera*, colonies. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, v. 76, p. 587–600, 2013.