

# A Interface do Conhecimento sobre Abelhas 2

José Max Barbosa Oliveira-Junior  
Lenize Batista Calvão  
(Organizadores)



# A Interface do Conhecimento sobre Abelhas 2

José Max Barbosa Oliveira-Junior  
Lenize Batista Calvão  
(Organizadores)



### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremonesi

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena

Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas



## **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

## **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** José Max Barbosa Oliveira-Junior  
Lenize Batista Calvão

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

161 A interface do conhecimento sobre abelhas 2 [recurso eletrônico] / Organizadores José Max Barbosa Oliveira-Junior, Lenize Batista Calvão. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-5706-436-8

DOI 10.22533/at.ed.368200110

1. Abelhas – Criação. 2. Apicultura. 3. Polinização.  
I. Oliveira-Junior, José Max Barbosa. II. Calvão, Lenize Batista.  
CDD 638.1

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



## APRESENTAÇÃO

A coleção “**A Interface do Conhecimento sobre Abelhas 2**” é uma obra que tem como foco principal apresentar um arcabouço de conhecimento científico sobre as abelhas. As abelhas desenvolvem papel fundamental para equilíbrio dos ecossistemas terrestres através dos seus serviços ecológicos. Também são considerados pela sua importância econômica e nessa perspectiva podem ser fontes de renda para agricultura familiar, por exemplo. Mas os produtores devem conhecer a composição base dos diversos vegetais em seu entorno para aumentar o valor agregado de seus produtos. Contudo, o cenário mundial atual de destruição dos sistemas naturais, uso indiscriminado de agroquímicos, pesticidas contribuem substancialmente isoladamente ou em conjunto para o declínio de suas populações. Essas atividades antrópicas promovem perda de hábitat e de recursos essenciais as abelhas. Assim precisamos compreender de forma integrada como promover a conservação desses organismos. Nesse contexto, o objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos desenvolvidos que avaliam de forma sistemática a importância desse grupo para o planeta.

Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à taxonomia, diversidade, bioindicadores, distribuição geográfica através de lista de espécies, métodos de captura, propriedades enérgicas de sua produção, saúde humana e áreas correlatas. O abastecimento de conhecimento de forma concisa, esclarecedora e também heterogênea em sua essência permite o leitor adquirir conhecimento sobre o grupo biológico e também avaliar o seu papel na natureza, uma vez que, o avanço das atividades antrópicas tem sido um fator preocupante e muito acelerado nos últimos anos. Este aumento se dá por diversos fatores que devem ser discutidos e caracterizados pelas políticas ambientais. Outro fator relevante é a coleta, armazenamento e manutenção desses organismos em coleções, que é fundamental para aumentar os estudos do grupo, bem como a descrição de novas espécies para ciência.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pelo assunto. Deste modo a seleção do tema voltado para as abelhas, para publicação da Atena Editora, valoriza o esforço de discentes e docentes que desenvolvem seus trabalhos acadêmicos divulgando seus resultados e traz uma heterogeneidade de assuntos de um táxon que nos permite mergulhar em uma profunda avaliação sobre o tema de forma contínua e atualizada.

José Max Barbosa de Oliveira-Junior  
Lenize Batista Calvão

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ABELHAS NATIVAS E SUA IMPORTÂNCIA**

Naiara Climas Pereira

Tamiris de Oliveira Diniz

Maria Claudia Colla Ruvolo-Takasusuki

**DOI 10.22533/at.ed.3682001101**

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### **ABELHAS COMO BIOINDICADORES AMBIENTAIS**

Tamiris de Oliveira Diniz

Naiara Climas Pereira

Adriana Aparecida Sinópolis Gigliolli

**DOI 10.22533/at.ed.3682001102**

### **CAPÍTULO 3..... 18**

#### **ATRAÇÃO DE ABELHAS CREPUSCULARES E DIURNAS POR ISCAS-ODORES EM DUAS ÁREAS DISTINTAS NA CHAPADA DIAMANTINA-BAHIA**

Valdeni Mudesto Nascimento Almeida

Emanuella Lopes Franco

Madian Maria de Carvalho

Carina Vieira Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.3682001103**

### **CAPÍTULO 4..... 34**

#### **CHECKLIST DE ABELHAS (HYMENOPTERA, APIDAE) DO ESTADO DE GOIÁS**

Marcela Yamamoto

Poliana Cândida de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.3682001104**

### **CAPÍTULO 5..... 51**

#### **FÁBRICA DE ABELHAS: ESTUDO DE CASO SOBRE UM SISTEMA DE CRIAÇÃO DE ABELHAS NATIVAS EM JARDIM DO SERIDÓ-RN**

Luana de Azevedo Dantas

Francisco Roberto de Sousa Marques

George Henrique Camêlo Guimarães

Igor Torres Reis

José Márcio da Silva Vieira

Frederico Campos Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.3682001105**

### **CAPÍTULO 6..... 63**

#### **TAXONOMIA HISTÓRICA DE *NOGUEIRAPIS MOURE*, 1953, *SCAURA SCHWARZ*, 1938, *TETRAGONA* LEPELETIER & SERVILLE, 1828 E *TRIGONA* JURINE, 1807 (APIDAE: MELIPONINI)**

David Silva Nogueira

Cristiano Feitosa Ribeiro

Marcio Luiz de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.3682001106**

**CAPÍTULO 7..... 78**

**ANÁLISE PALINOLÓGICA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PÓLEN E PRÓPOLIS DE *APIS MELLIFERA***

Antônia Maria das Graças Lopes Citó

Ian Vieira Rêgo

Paulo Sousa Lima Junior

Maria do Carmo Gomes Lustosa

Cynthia Fernandes Pinto da Luz

**DOI 10.22533/at.ed.3682001107**

**CAPÍTULO 8..... 100**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO RESÍDUO DO PÓLEN APÍCOLA**

Marcos Bessa Gomes de Oliveira

Carmen Lucia de Souza Rech

Alexilda Oliveira de Souza

José Luiz Rech

Ronaldo Vasconcelos Farias Filho

Débora de Andrade Santana

Daniel Florêncio Filho

Alex Figueiredo Aguiar

Ícaro Assunção Costa

**DOI 10.22533/at.ed.3682001108**

**CAPÍTULO 9..... 110**

**POLLEN GRAINS AND THEIR BENEFITS IN APITHERAPY**

Cynthia Fernandes Pinto da Luz

**DOI 10.22533/at.ed.3682001109**

**CAPÍTULO 10..... 139**

**CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS E DA FRAÇÃO APOLAR DO MEL, PRÓPOLIS E CERA DE ABELHA (*APIS MELLIFERA*) DE PICOS – PIAUÍ**

Antônia Maria das Graças Lopes Citó

Elcio Daniel Sousa Barros

Arkellau Kenned Silva Moura

Erinete de Sousa Veloso Cruz

José de Sousa Lima Neto

**DOI 10.22533/at.ed.36820011010**

**CAPÍTULO 11..... 153**

**MEL: UMA JORNADA NA QUALIDADE**

Irana Paim Silva

Cerilene Santiago Machado

Macela Oliveira da Silva

Samira Maria Peixoto Cavalcante da Silva

Maiara Janine Machado Caldas  
Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa  
Geni da Silva Sodré  
Carlos Alfredo Lopes de Carvalho  
**DOI 10.22533/at.ed.36820011011**

**CAPÍTULO 12..... 173**

**PROPRIEDADES DO MEL E IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DE  
PRODUTOS PIAUIENSES**

Antônia Maria das Graças Lopes Citó  
Ivan dos Santos Silva  
Ian Vieira Rêgo  
Paulo Sousa Lima Junior  
Laurentino Batista Caland Neto

**DOI 10.22533/at.ed.36820011012**

**CAPÍTULO 13..... 193**

**EFEITOS DOS PESTICIDAS SOBRE ABELHAS**

Daiani Rodrigues Moreira  
Adriana Aparecida Sinópolis Gigliolli  
Douglas Galhardo  
Tuan Henrique Smielevski de Souza  
Cinthia Leão Figueira  
Vagner de Alencar Arnaut de Toledo  
Maria Claudia Colla Ruvolo-Takasusuki

**DOI 10.22533/at.ed.36820011013**

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 206**

**ÍNIDICE REMISSIVO ..... 207**

# CAPÍTULO 1

## ABELHAS NATIVAS E SUA IMPORTÂNCIA

*Data de aceite: 01/10/2020*

*Data de submissão: 12/07/2020*

### **Naiara Climas Pereira**

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento  
de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular  
Maringá – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2214133016041622>

### **Tamiris de Oliveira Diniz**

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento  
de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular  
Maringá – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/9131001000369106>

### **Maria Claudia Colla Ruvolo-Takasusuki**

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento  
de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular  
Maringá – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2318400558555562>

**RESUMO:** As abelhas desempenham papel fundamental na polinização das plantas. Existem mais de 20 mil espécies de abelhas já descritas, porém as espécies nativas apresentam grande importância, por estarem adaptadas as condições presentes naquela região e também por terem evoluído concomitantemente com as plantas nativas, sendo então especializadas na sua polinização. Além disso, as abelhas nativas também são essenciais na polinização de plantas na agricultura, aumentando assim o

rendimento e produção nas lavouras. No Brasil, a subfamília Meliponinae, também conhecida como abelhas sem ferrão, representam grande parte das espécies nativas, sendo bastante adaptadas tanto ao campo quanto às cidades. Porém, uma das maiores ameaças enfrentadas pelas abelhas é o mal-uso de agroquímicos na agricultura, podendo causar grandes perdas de polinizadores. Dessa forma são essenciais o estudo, a conscientização e a utilização de boas práticas no uso de agroquímicos para minimizar as perdas de polinizadores ocasionadas pelo uso indiscriminado dessas substâncias.

**PALAVRAS-CHAVE:** abelhas sem ferrão, polinização, agroquímicos.

### **NATIVE BEES AND THEIR IMPORTANCE**

**ABSTRACT:** Bees play a key role in pollination. There are more than 20,000 species of bees already described, but native species are particularly important because they are adapted to the conditions present in that region and also they evolved concomitantly with the native plants, being specialized in their pollination. Besides, native bees are also essential in crop pollination, thus increasing yield and production. In Brazil, the subfamily Meliponinae, also known as stingless bees, represents a large part of the native species, being adapted to both the countryside and the cities. However, one of the greatest threats faced by bees is the misuse of agrochemicals, which can cause large losses of pollinators. Thus, the study, awareness, and good practices in the use of agrochemicals to minimize pollinator losses caused by the indiscriminate use of these substances are essential.



**KEYWORDS:** stingless bees, pollination, agrochemicals.

## 1 | ORIGEM E DISSEMINAÇÃO DAS ABELHAS

Considerando a classe Insecta, a ordem Hymenoptera é a terceira maior em número de espécies, da qual fazem parte formigas, vespas e abelhas. É a classe mais importante para a conservação de espécies vegetais e animais, por abrigar o maior número de polinizadores, destacando-se as abelhas, que encontram no néctar e pólen, sua principal fonte de alimento e energia (Nogueira-Neto, 1997).

A origem evolutiva das abelhas data de 125 milhões de anos atrás. As abelhas sem ferrão são mais recentes, originadas entre 60 e 70 milhões de anos atrás (Grimaldi e Engel, 2005). Ao longo do desenvolvimento da vida na Terra haviam insetos, similares às vespas atuais, que coletavam néctar e caçavam pequenos animais. Algumas dessas vespas substituíram a proteína animal de sua dieta pela proteína vegetal e passaram a consumir pólen. Destas vespas originaram-se as abelhas (Pirani et al., 1993). Durante esse processo, surgiram várias espécies de abelhas. Atualmente, são conhecidas mais de 20 mil espécies, mas acredita-se que existam por volta de 40 mil espécies ainda não caracterizadas. Destas, 2 % são sociais e produzem mel (Embrapa, 2020).

As abelhas sem ferrão pertencem à subfamília Meliponinae (Hymenoptera, Apidae) e são encontradas principalmente nas regiões tropicais, como na América do Sul, América Central, Ásia, Ilhas do Pacífico, Austrália, Nova Guiné e África (Michener, 2007). Essa família de abelhas deriva evolutivamente de um grupo de vespas que pararam de transmitir caracteres genéticos para a formação do ferrão em seus descendentes. Acredita-se que a ausência do ferrão, na realidade, é vestigial e que esteja relacionada à construção de ninhos em locais protegidos, sem a exposição da colônia quando ocorre o enxameamento (Alonso, 1998).

São descritas mais de 500 espécies de abelhas sem ferrão e estima-se que ainda existam mais de 100 espécies a serem descobertas. Essas espécies vivem em colônias que podem conter milhares de operárias, geralmente apresentam uma única rainha e alguns machos esporadicamente (Michener, 2013).

O mel produzido por essas abelhas através do estoque e modificação química do néctar, apresenta sabor e aroma distinto, com textura mais fluida e baixa cristalização. Esses fatos fazem com que esse tipo de mel seja bastante aceito pelos consumidores, agregando alto valor comercial (Da Silva et al., 2013).

Além do açúcar e da água presentes na composição do mel das abelhas sem ferrão, também são encontradas pequenas quantidades de outros compostos, como ácidos orgânicos, compostos fenólicos, proteínas, aminoácidos, enzimas, vitaminas e minerais. Essa composição depende do solo e do ambiente das plantas de onde as abelhas coletam o néctar para a produção do mel (Habib et al., 2014; Alves et al., 2013; Alqarni et al., 2014).

Desde os tempos antigos tribos indígenas vêm explorando os produtos das abelhas sem ferrão, como por exemplo, os Maias do México e Guatemala, os Caiapós da Amazônia, os Abayandas de Uganda e várias tribos aborígenes da Austrália (Biesmeijer et al., 2006). Porém, o uso de abelhas dessa família para obtenção de mel recebe muito pouca atenção, sendo que maior parte da produção está voltado principalmente para a exploração das abelhas do gênero *Apis* (Biesmeijer et al., 2006; Cortopassi-Laurino et al., 2006).

As abelhas sem ferrão possuem diversas características importantes que lhes conferem potencial para uso comercial. Elas fazem parte da biodiversidade local de diversos ecossistemas tropicais e subtropicais, além de possuírem boa adaptabilidade (Jaffé et al., 2015); atuam como polinizadores tanto da flora natural quanto das culturas agrícolas (Giannini et al., 2014); não possuem ferrão, não tendo a capacidade de ferroar, facilitando seu manuseio em condições de confinamento (Slaa et al., 2006) e não é necessário força física para manutenção das abelhas sem ferrão, tornando a meliponicultura uma atividade mais acessível do que a apicultura (Jaffé et al., 2015).

Embora a produção de mel seja um forte atrativo para a criação dessas abelhas (1 a 5 kg/colônia/ano), seus serviços ambientais através da polinização e preservação das espécies vegetais são de fundamental importância para a manutenção da vida (Blochtein et al., 2008). Apesar da importância econômica e ecológica dessas abelhas, desde o início do século XXI vários estudos apontam seu desaparecimento, devido ao desflorestamento e uso indiscriminado de inseticidas (Kerr et al., 2001; Alix e Vergnet, 2007; Ellis et al., 2010).

## 2 | A IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS COMO AGENTES POLINIZADORES

Polinização é o processo de transferência do pólen das anteras de uma flor para o estigma da mesma flor ou de flores diferentes (Raven et. al., 1992). Entretanto, este processo é melhor realizado quando o pólen é obtido de flores de outros indivíduos da mesma espécie do que da própria flor ou de flores que pertençam a mesma planta (Barth, 1991).

A polinização estabelece-se como princípio fundamental para condução de diversas culturas agrícolas no mundo. Dentre os benefícios da polinização para a agricultura, podemos citar o aumento na produção dos frutos, teor de óleos e outras substâncias, encurtamento do ciclo de algumas culturas e a uniformização do amadurecimento dos frutos (Nascimento et al., 2012; Garibaldi et al, 2013).

A diminuição da polinização ocasiona perdas na produtividade e na qualidade de produtos agrícolas, uma vez que ela assegura a manutenção da diversidade vegetal e beneficia a fecundação cruzada, processo que protege a variabilidade genética das espécies vegetais, muito importante para a seleção em programas de melhoramento de plantas (Pinto, 2009).

Nos ambientes tropicais, as abelhas sem ferrão são dominantes e visitam várias

culturas (Macías-Macías et al., 2009). Sua contribuição mais relevante estaria relacionada à atuação como agentes polinizadores (Menezes-Pedro et al., 2000; Giannini et al., 2016). Cerca de 75% das espécies vegetais dependem de agentes polinizadores (água, vento, animais, insetos), contudo, as abelhas são responsáveis por realizar a fecundação cruzada de 73% de todas as espécies vegetais cultivadas no mundo (Ricketts et al., 2008).

Neste âmbito foram desenvolvidas técnicas que permitiram aproveitar o serviço de polinização destes insetos. Por meio da apicultura migratória muitos enxames podem ser transportados para culturas de relevância econômica, onde melhoram notavelmente a produtividade de frutos (Souza et al., 2007). A dimensão destes benefícios pode variar a começar do aumento em quantidade e qualidade de frutos e/ou sementes, até a diversidade genética entre vegetais (Breeze et al., 2011).

Diferentes trabalhos relatam as vantagens da polinização realizada por abelhas em diversas culturas. Witter et al. (2014) relataram a relação entre a canola (*Brassica napus*) e as abelhas, juntamente com a demonstração de dados monetários e a repercussão da polinização do rendimento da safra. Witter et al. (2003) verificaram a polinização de cebola (*Allium cepa* L.) por abelhas *Apis mellifera* e concluíram que ele é o inseto indicado para o manejo na produção comercial de sementes desta cultura. Neste mesmo trabalho, constataram que a frequência de *A. mellifera* e de outros insetos cresceu com o aumento do número de umbelas com flores abertas.

Nascimento et al. (2012) avaliaram a utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura (*Daucus carota*) e pimenta doce (*Capsicum annuum*) e observaram que a utilização das abelhas jataí (*Tetragonisca angustula*) e tubuna (*Scaptotrigona bipunctata*) apresentou grande potencial para a produção de sementes de cenoura em cultivo protegido. Para a produção de sementes de pimenta doce não houve necessidade de utilização de agentes polinizadores, contudo, a presença desses agentes aumentou o peso dos frutos. Gamito et al. (2006) constataram que os visitantes florais mais frequentes na cultura da laranja foram as abelhas africanizadas *A. mellifera*, *Trigona spinipes* e *Trigona angustula*. Toledo et al. (2013) também realizaram um ensaio sobre a polinização por *A. mellifera* em laranjeira (*Citrus cinensis*) e verificaram que a polinização realizada por abelhas africanizadas gerou frutos mais doces, além de aumentar a produção em quase 30 %.

Os meliponíneos são responsáveis pela polinização de diversas espécies arbóreas nativas do Brasil (Kerr, 1997; Michener, 2013), pois exploram um vasto espectro floral, sendo consideradas espécies generalistas (Michener, 1979). Esse grupo de abelhas é responsável por cerca de 30% da polinização da caatinga e do pantanal, bem ainda, 90% da polinização de algumas plantas na floresta atlântica e amazônica (Kerr et al., 2001). Macieira e Proni (2004) destacam a importância das abelhas sem ferrão para a agricultura, polinizando dentre inúmeras plantações melancia (*Citrulus lanatus* L.), cebola (*Allium cepa* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e café (*Coffea arabica* L.).

A utilização das abelhas sem ferrão para polinização na agricultura pode preencher a lacuna encontrada pelo declínio de populações de espécies do gênero *Apis*, assegurando a quantidade adequada de polinizadores e a eficiência na polinização (Garibaldi et al., 2013; Brown e Paxton, 2009).

### 3 | USO DE AGROTÓXICOS

O controle químico de pragas teve início no século XX, com o emprego do DDT, mas há relatos do ano 1000 a. C. em que já se utilizava os inseticidas para reduzir perdas pelo ataque de insetos às culturas (Ware, 1994). A principal função dos agrotóxicos é a proteção das culturas agrícolas contra doenças e pragas, entretanto, sua aplicação pode ocasionar a contaminação de solos, águas e dos alimentos, além de manifestar efeitos negativos em organismos não-alvos, como as abelhas (Jardim et al., 2009).

A maior parte dos inseticidas não é seletiva, tornando-se tóxicos para a maioria das espécies, que não são seu alvo, incluindo animais, peixes, insetos e os humanos (Murphy, 1986). Além do efeito letal, os inseticidas podem exibir efeitos subletais, mais difíceis de detectar e que podem intervir tanto na fisiologia quanto no comportamento das abelhas, prejudicando o desenvolvimento e a estrutura social da colônia (Rossi et al., 2013).

O Brasil é um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo (Giannini et al., 2014). Destes, em torno de 30% são inseticidas, dos quais 40% são considerados tóxicos para as abelhas (Malaspina et al., 2008). De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola (SINDAG), as vendas de agrotóxicos aumentaram quase três vezes em um período de uma década (2000-2010) estimuladas principalmente pelas culturas de soja, milho, algodão e café.

Em 2005 apicultores nos Estados Unidos da América presenciaram um fato até então inédito, onde milhares de abelhas *A. mellifera* abandonaram suas colônias. Em 2006 foram registradas perdas de 30% a 90% das colônias (Suryanarayanan e Kleinman, 2013). A maior parte das perdas ocorrem porque as abelhas não conseguem voltar para a colônia. Existem três razões mais prováveis para esse comportamento, (1) presença de parasitas, (2) estresses causados por infecções, má nutrição, falta de pólen ou néctar, contaminação da água e estresse migratório, (3) a utilização indiscriminada de agroquímicos, um dos fatores mais relevantes atualmente (Johnson, 2010).

Estudos realizados utilizando abelhas *A. mellifera* apontam para a ação de pesticidas no sistema nervoso, que fazem com que as operárias não consigam retornar às suas colônias após as atividades de forrageamento (Desneux et al., 2007; Whitehorn et al., 2012), num fenômeno conhecido como Desordem do Colapso das Colônias ou CCD (Colony Collapse Disorder) que atualmente é considerado o maior problema da apicultura mundial (Giannini, 2014).

Os insetos polinizadores estão sendo expostos diariamente a um coquetel de

agroquímicos. Frazier et al. (2008) analisou 108 amostras de pólen e detectou 46 tipos de pesticidas, onde em uma única amostra de pólen de uma colônia de *A. mellifera* foram detectados 17 diferentes tipos de pesticidas.

As diferentes espécies de abelhas são afetadas de forma diferencial pela contaminação com inseticidas. A susceptibilidade desses animais aos inseticidas depende de diversas características próprias de cada espécie de abelha, como por exemplo, tamanho corporal, sociabilidade, período de voo, voltinismo, especialização floral, localização e comportamento do ninho (Brittain e Potts, 2011). Dessa forma, necessário se faz o estudo mais aprimorado envolvendo o uso de inseticidas e seus efeitos em insetos polinizadores para o entendimento do impacto na biodiversidade e agricultura (Brittain e Potts, 2011).

## 4 | CONCLUSÃO

As abelhas pertencentes a subfamília Meliponinae nativas do Brasil são essenciais para a conservação do ecossistema, servem como indicadores biológicos e também contribuem para a polinização de diversas espécies de plantas nativas e espécies agricultáveis. Porém o mal-uso de agroquímicos pode levar a perdas significativas dessas espécies tão importantes. Assim a compreensão da biologia das abelhas e sua utilização como agentes polinizadores é de suma importância. Além disso, o uso consciente de agroquímicos é essencial na preservação de espécies nativas.

## REFERÊNCIAS

ALIX, A.; VERGNET, C. Risk assessment to honey bees: a scheme developed in France for non-sprayed systemic compounds. **Pest Management Science**, 63:1069-1080, 2007.

ALONSO, W. J. **Abelhas sem ferrão**: centenas de espécies para polinização, produção de mel, lazer e educação. Artigos técnicos. Animais de criação – Abelhas, 1998.

ALQARNI, A.S.; OWAYSS, A.A.; MAHMOUD, A.A.; HANNAN, M.A. Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. **Journal of Saudi Chemical Society**, 18:618-625, 2014.

ALVES, A.; RAMOS, A.; GONÇALVES, M.M.; BERNARDO, M.; MENDES, B. Antioxidant activity, quality parameters and mineral content of Portuguese monofloral honeys. **Journal of Food Composition and Analysis**, 30:130-138, 2013.

BIESMEIJER, J.C.; KLAUS HARTFELDER, K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Stingless bees: biology and management. **Apidologie**, 37:121–123, 2006.

BLOCHTEIN, B.; FERREIRA, N.R.; TEIXEIRA, J.G.; FERREIRA-JUNIOR, N.T.; WITTER, S.; CASTRO, D. **Manual de boas práticas para a criação e manejo racional de abelhas sem ferrão no RS**: guaraipe, manduri e tubuna. Porto Alegre, EdiPUCRS, 2008.



BREEZE, T.D.; BAILEY, A.P.; BALCOMBE, K.G.; POTTS, S.G. Pollination services in the UK: How important are the honeybees? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 142:137-143, 2011.

BRITAIN, C.; POTTS, S.G. The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. **Basic and Applied Ecology**, 12: 321-331, 2011.

BROWN, M.J.F.; PAXTON, R.J. The conservation of bees: a global perspective. **Apidologie**, 40:410-416, 2009.

CORTOPASSI-LAURINO, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; ROUBIK, D.W.; DOLLIN, A.; HEARD, T.; INGRID AGUILAR, I.; VENTURIERI, G.C.; EARDLEY, C.; NOGUEIRA-NETO, P. Global meliponiculture: challenges and opportunities. **Apidologie**, 37:275-92, 2006.

DA SILVA, I.A.A.; DA SILVA, T.M.S.; CAMARA, C.A.; QUEIROZ, N.; MAGNANE, M.; DE NOVAIS, J.S. Phenolic profile, antioxidant activity and palynological analysis of stingless bee honey from Amazonas. **Northern Brazil. Food Chemistry**, 141:3552-3558, 2013.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review Of Entomology**, 52:81-106, 2007.

ELLIS, J.D.; EVANS, J.D.; PETTIS, J. Colony losses, managed colony population decline, and colony collapse disorder in the United States. **Journal of Apicultural Research**, 49:134-136, 2010.

EMBRAPA MEIO NORTE (Teresina-PI). **Apicultura**: Sistema de produção, 3. ISSN1678-8818. Versão Eletrônica. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80709/1/sistemaproducao3>. Acesso em: 11, julho, 2020.

FRAZIER, M.; MULLIN, C.; FRAZIER, J.; ASHCRAFT, S. What have pesticides got to do with it? **American Bee Journal**, 148:521-523, 2008.

GAMITO, L.M.; MALERBO-SOUZA, D.T. Visitantes florais e produção de frutos em cultura da laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, 28:483-488, 2006.

GARIBALDI, L.A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; WINFREE, R. et al. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. **Science**, 339:1608-1611, 2013.

GIANNINI, T.; BOFF, S.; CORDEIRO, G.; CARTOLANO J.R.E.; VEIGA, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.; SARAIVA, A.M. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, 46:209-223, 2014.

HABIB, H.M.; AL MEQBALI, F.T.; KAMAL, H.; SOUKA, U.D.; IBRAHIM, W.H. Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. **Food Chemistry**, 153:35-43, 2014.

JAFFÉ, R.; POPE, N.; CARVALHO, A.T.; MAIA, U.M. BLOCHTEIN, B.; CARVALHO, C.A.L.; CARVALHO-ZILSE, G.A.; FREITAS, B.M.; MENEZES, C.; RIBEIRO, M.F.; VENTURIERI, G.C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Bees for Development: Brazilian Survey Reveals How to Optimize Stingless Beekeeping. **PLoS ONE**, 10:e0121157, 2015.

JARDIM, I.C.S.F.; ANDRADE, J.A.; QUEIROZ, S.C.N. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - Um enfoque às maçãs. **Química Nova**, 32: 996-1012, 2009.

JOHNSON, R. **Honey Bee Colony Collapse Disorder**. Disponível em: <https://cursa.ihmc.us/rid=1JJM69DXL-27XB9CC-12CF/bees.pdf>. Acesso em: 17, junho, 2020.

KERR, W.E. A importância da meliponicultura para o país. **Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, 1:42-44, 1997.

KERR, W.E.; CARVALHO, G.A.; SILVA, A.C.; ASSIS, M.G.P. Biodiversidade, pesquisa e desenvolvimento na Amazônia. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. **Parcerias Estratégicas**, 12:20-41, 2001.

MACÍAS-MACÍAS, O.; CHUC, J.; ANCONA-XIU, P.; CAUNICH, O.; QUEZADAEÚAN, J.J.G. Contribution of native bees and Africanized honey bees (Hymenoptera: Apoidea) to solenaceae crop pollination in tropical México. **Journal of Applied Entomology**, 133:456-465, 2009.

MACIEIRA, O.J.D.; PRONI, E.A. Capacidade de resistência a altas e baixas temperaturas em operárias de *Scaptotrigona postica* (Latreille) (Hymenoptera, Apidae) durante os períodos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Zoologia**, 21:893-896, 2004.

MALASPINA, O.; SOUZA, T.F.; ZACARIN, E.C.M.S.; CRUZ, A.S.; JESUS, D. **Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil**. In: VIII Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2008. 178 p.

MENEZES-PEDRO, D.R.; CAMARGO, J.F.M. **Biodiversidade do estado de São Paulo: Síntese do Conhecimento ao Final do Século XX**. In: BRANDÃO, C.R.; CANCELLO, E.M. Síntese do Conhecimento Atual da Biodiversidade Brasileira. São Paulo: FAPESPI, 2000. p.193-211.

MICHENER, C.D. Biogeography of the bees. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, 66:277-347, 1979.

MICHENER, C.D. **The bees of the world**. Baltimore: The John Hopkins University Press, 2007. 972 p.

MICHENER, C.D. **The Meliponini**. In: VIT, P.; PEDRO, S.R.M.; ROUBIK, D.W. (Eds.). *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*. New York: Springer Science+Business Media, 2013. p.3-17.

MURPHY, S.D. **Pesticides**, in: KLAASSEN, C.D.; AMDUR, M.; DOULL, J. (eds.) *Casarett e Doull's Toxicology. The basic science of poisons*. New York: Macmillan Publishing Co, 1986. p.55-75.

NASCIMENTO, W.M.; GOMES, E.M.L.; BATISTA, E.A.; FREITAS, R.A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, 30:494-498, 2012.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997. 445 p.

PINTO, R.J.B. **Introdução ao melhoramento genético de plantas**. Maringá: EDUEM – Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2009. 351 p.

PIRANI, J.R.; CORTOPASSI-LAURINO, M. **Flores e abelhas em São Paulo**. São Paulo: Edusp/Fapesp, 1993. 192 p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 728 p.

RICKETTS, T.H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, 11:499-515, 2008.

ROSSI, C.A.; ROAT, T.C.; TAVARES, D.A.; CINTRA-SOCOLOWSKI, P.; MALASPINA, O. Effects of sublethal doses of imidacloprid in malpighian tubules of africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Microscopy Research and Technique**, 76:552-558, 2013.

SINDAG. Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola. **Situação do mercado de agrotóxicos no mundo e no Brasil**. Disponível em: Acesso em: 03, janeiro, 2017.

SLAA, E.J.; SÁNCHEZ-CHAVES, L.A.; MALAGODI-BRAGA, K.S.; HOFSTEDE, F.E. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, 37:293-315, 2006.

SOUZA, D.L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; CALDAS PINTO, M.S. As abelhas como agentes polinizadores. **Revista Eletrônica de Veterinária**, 8:1-7, 2007.

SURYANARAYANAN, S.; KLEINMAN, D.L. Be(e)coming experts: The controversy over insecticides in the honey bee colony collapse disorder. **Social Studies of Science**, 43:215-240, 2013.

TOLEDO, V.A.A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; BAITALA, T.V.; COSTA-MAIA, F.M.; PEREIRA, H.L.; HALAK, A.L.; CHAMBÓ, E.D.; MALERBO-SOUZA, D.T. Polinização por abelhas (*Apis mellifera* L.) em laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Scientia Agraria Paranaensis**, 12:236-246, 2013.

WARE, G.W. **The pesticide book**. Califórnia: Fresno, 1994. 386 p.

WHITEHORN, P.R.; O'CONNOR, S.; GOULSON, D.; WACKERS, F.L. Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. **Science**, 6079: 351-352, 2012.

WITTER, S.; BLOCHTEIN, B. Efeito da polinização por abelhas e outros insetos na produção de sementes de cebola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38:1399-1407, 2003.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B. **Abelhas na polinização da canola**: benefícios ambientais e econômicos. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014. 71 p.

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 08/07/2020

### Tamiris de Oliveira Diniz

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento  
de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular  
Maringá – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/9131001000369106>

### Naiara Climax Pereira

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento  
de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular  
Maringá – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2214133016041622>

### Adriana Aparecida Sinópolis Gigliolli

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento  
de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular  
Maringá – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/4911390091489064>

**RESUMO:** As atividades humanas geram contaminantes em quantidades e toxicidade que, frequentemente, excedem a capacidade do ambiente de se recuperar. Portanto, a análise e o monitoramento sistemático do meio ambiente são cada vez mais urgentes. As abelhas, bem como os produtos apícolas, são considerados bons indicadores de alterações ambientais, ocasionadas por substâncias tóxicas como os agroquímicos. Assim, este trabalho teve como objetivo, realizar uma revisão bibliográfica sobre

características das abelhas que possibilitam sua utilização e de seus produtos como bioindicadores da qualidade ambiental. Para tanto, foram consultados artigos científicos disponíveis em bancos de dados. Os resultados indicaram que devido ao seu comportamento, as abelhas podem levar de volta à colmeia diversos contaminantes depositados nas plantas, os quais, podem infectar os produtos apícolas, colocando em risco a saúde humana, bem como, causar a mortalidade dos indivíduos da colônia, impactando diretamente os serviços ecossistêmicos prestados por estes insetos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Apis mellifera*.  
Biomonitoramento. Contaminação.

### BEEES AS ENVIRONMENTAL BIONDICATORS

**ABSTRACT:** Human activities generate a great number of toxic contaminants that often exceed the environment's ability to recover. Therefore, systematic analysis and environment monitoring are crucial. Bees, as well as bee products, are considered good indicators of environmental changes caused by toxic substances such as agrochemicals. Thus, this review aims to synthesize bees' characteristics that enable their use as bioindicators of environmental quality. For this purpose, scientific articles available in databases were consulted. The results indicated that due to their behavior, bees can bring back to the hive several contaminants existent in plants, which can contaminate bee products, jeopardizing human health, as well as causing loss of bees, directly impacting the ecosystem services provided by these insects.

**KEYWORDS:** *Apis mellifera*. Biomonitoring. Contamination.

## 1 | INTRODUÇÃO

A classe Insecta é considerada a mais importante para a conservação de espécies vegetais, por abrigar o maior número de agentes polinizadores, incluindo as abelhas (NOGUEIRA-NETO, 1997). Originadas a cerca de 125 milhões de anos atrás (GRIMALDI e ENGEL, 2005) várias espécies de abelhas foram surgindo durante o processo evolutivo (EMBRAPA, 2016). Atualmente, são divididas em sete famílias, 28 subfamílias, 67 tribos, 529 gêneros e mais de 20.000 espécies (DANFORTH et al., 2019). No Brasil, existem 52 gêneros e mais de 300 espécies, porém, estimativas indicam a existência de mais de 3.000 espécies de abelhas no país (PALUMBO, 2015).

Uma das espécies mais conhecidas é a *Apis mellifera*, devido sua relevância na produção mundial de produtos apícolas. São insetos sociais e formam colônias (BARGANSKA et al., 2015), e, com exceção das regiões polares, são encontradas em todas as partes do mundo, incluindo savanas, florestas de clima tropical, desertos, regiões litorâneas e montanhosas (SILVA et al., 2019). Acham-se espalhadas pela Europa, Ásia e África. No Brasil, sua introdução foi atribuída às missões jesuítas do século XVIII, nos territórios que hoje fazem fronteira entre o Brasil e o Uruguai, no noroeste do Rio Grande do Sul (RAMOS e CARVALHO, 2007).

As abelhas evoluíram com as flores, com as quais, então, vivem uma relação de simbiose. As flores produzem néctar e pólen necessários para sobrevivência das abelhas, e, em troca, as abelhas aderem o pólen em seu corpo transportando-o para outras plantas, realizando o processo de polinização (BACAXIXI et al., 2011).

Nesse contexto, a polinização estabelece-se como princípio fundamental para condução de diversas culturas agrícolas no mundo. Dentre seus benefícios, podemos citar o aumento na produção dos frutos, teor de óleos e outras substâncias, encurtamento do ciclo de algumas culturas e a uniformização do amadurecimento dos frutos (NASCIMENTO et al., 2012).

Desta forma, as abelhas são os polinizadores comerciais mais eficazes do mundo. Sua biologia e procedimentos de gerenciamento, viabilizam estratégias de monitoramento padronizadas a um custo potencialmente baixo. As vantagens do uso de abelhas incluem uma estrutura central de ninhos com milhares de indivíduos alojados em caixas comerciais e uma única entrada de ninho (QUIGLEY et al., 2019).

Além disso, as abelhas têm sido reconhecidas pelo serviço ecológico de biomonitoramento, atuando como indicador biológico devido a seus requisitos morfológicos, ecológicos e comportamentais. De modo geral, as abelhas são sensíveis às mudanças ecológicas, principalmente referentes à estrutura, à composição da vegetação e, também, aos resíduos de moléculas de inseticidas, fungicidas e poluentes presentes nas plantas

(OLIVEIRA et al., 2014). O monitoramento das abelhas, contribui para a declaração de impacto ecológico, culminando na catalogação de mapas de saúde ambiental (CELLI e MACCAGNANI, 2003). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso destes insetos como indicadores biológicos da qualidade ambiental.

## 2 | DESENVOLVIMENTO

As consequências da ação antropogênica são observadas em paisagens agrícolas e naturais, nas quais, as condições abióticas alteradas podem interferir na vida microbológica, animal e vegetal, bem como, na epidemiologia, impactando negativamente a saúde humana, segurança alimentar e biodiversidade (ZHANG et al., 2018).

Esse cenário prevê vários resultados negativos para as relações polinizador-planta, incluindo perda de habitat, toxicidade dependente de agroquímicos, sinalização e sincronia alterada de inseto-planta, disseminação de patógenos e espécies concorrentes (invasoras) (MURREL, 2017). Essa configuração ambiental exige um método eficiente para detectar e rastrear a qualidade das paisagens relacionadas às populações de polinizadores (domésticos e nativos) presentes nelas (QUIGLEY et al., 2019).

O interesse em técnicas baseadas em bioindicadores para a detecção e avaliação de contaminantes ambientais aumentou nos últimos 10 anos. A bioindicação é considerada um registro sensível, dependente do tempo e de alterações ambientais ocasionadas por fatores antropogênicos. Sendo assim, a presença de populações bioindicadoras ou de estruturas populacionais, refletem a saúde do meio ambiente e podem ser considerados altamente informativos (DAVODPOUR et al., 2019).

O uso de organismos vivos como plantas ou animais, para estimar o nível de poluição e seu impacto no meio ambiente, vem se tornando um setor muito importante no controle ambiental. A seleção e utilização dos bioindicadores apropriados, depende de qual parte do ambiente deverá ser monitorado (BARGANSKA et al., 2015). Além disso, incluem critérios como a capacidade de acumulação ou seleção de compostos específicos, ocorrência em grandes populações, estar presente em vários habitats, facilidade de identificação, amostragem representativa e facilidade para realização de análises químicas (ROMAN, 2010; SKORBILOWICZ et al., 2018).

O principal objetivo do uso de bioindicadores é colaborar para o entendimento das mudanças climáticas, reduzindo sua complexidade, para facilitar a gestão e conservação ambiental (HEINK e KOWARIK, 2010). O uso de uma única espécie bioindicadora é inviável. Assim, a abelha, presente em ambientes naturais, quando usada em conjunto com outros polinizadores com propriedades bioindicativas, como borboletas, besouros e formigas, pode fornecer uma imagem útil da alteração do ecossistema, podendo detectar e rastrear mudanças ambientais que sejam relevantes para uma variedade de táxons de insetos polinizadores (HILBECK e MEIER, 2008; GERLACH et al., 2013).

As abelhas destacam-se como bons indicadores biológicos, pois são insetos generalistas e sensíveis às mudanças ambientais em áreas de vários quilômetros quadrados distantes da colmeia. Elas saem da colmeia para coletar néctar, pólen e água (BARGANSKA et al., 2015) e, casualmente, recolhem partículas transportadas pelo ar com os pêlos do corpo (CELLI e MACCAGNANI, 2003). Além disso, como as abelhas são incapazes de discriminar pólen e néctar contaminados com agroquímicos (KESSLER et al., 2015), as operárias acabam coletando esses recursos que, quando levados à colônia, são armazenados para consumo posterior. Dependendo das espécies vegetais disponíveis durante o forrageamento, o sequestro de agroquímicos pode ocorrer durante todo o ano, expondo todos os membros da colônia a constantes doses subletais de xenobióticos (KRUPKE et al., 2012). Devido a ampla e extensa temporada de forrageamento, as colônias têm o potencial de absorver pesticidas e o rastreamento cuidadoso do conteúdo destes produtos pode revelar a variação na persistência dos agroquímicos em compartimentos específicos da colmeia (SHIMSHONI et al., 2019).

Embora as abelhas sejam generalistas, enquanto muitos outros polinizadores se especializam em espécies vegetais específicas, as opções de forrageamento das abelhas geralmente se sobrepõem a, pelo menos, algumas outras espécies (SMITH et al., 2019). Mesmo que sejam pequenas as alterações adversas em um ambiente, a bioacumulação de xenobióticos nos tecidos e órgãos pode causar mutações e doenças, conseqüentemente, alterando o comportamento e os processos vitais desses organismos.

Assim, as abelhas e seus produtos têm sido usados com frequência para detectar poluentes ambientais, como metais pesados advindos da indústria e transportados pelo ar e uma variedade de produtos químicos da agricultura. Elas são capazes de indicar a perturbação química do ambiente em que vivem por meio da mortalidade, ocasionada principalmente por resíduos de pesticidas, bem como, por meio do acúmulo de substâncias residuais nos seus corpos ou em produtos da colmeia (QUIGLEY et al., 2019).

A avaliação de xenobióticos nas abelhas e seus produtos é realizada não apenas para determinar a qualidade desses contaminantes, mas também, o nível de poluição ambiental. A toxicidade de pesticidas para as abelhas depende, principalmente, do ingrediente ativo utilizado, da presença e extensão da floração entre plantas cultivadas ou espontâneas, da presença de abelhas no local e no momento do tratamento químico, dos meios utilizados para distribuir o pesticida, presença de vento, entre outros. Muitas abelhas que entraram em contato com agroquímicos não retornam para a colmeia morrendo no campo ou durante o voo de retorno. No caso de compostos que não são perigosos, as abelhas agem como um indicador indireto e fornecem informações sobre os resíduos aos quais foram expostas (SHRESTHA, 2008; BARGANSKA et al., 2015).

A técnica mais empregada no biomonitoramento utilizando as abelhas tem sido a espectrometria de absorção atômica, que envolve a medida de absorção da intensidade da radiação eletromagnética, proveniente de uma fonte de radiação primária. Seu objetivo

é a determinação quantitativa de elementos (metais, semi-metais e alguns não-metais) em materiais biológicos (tecidos e fluídos), ambientais (águas, solos, sedimentos e plantas), alimentos e materiais geológicos (rochas e minérios) (BUTCHER e SNEDDON, 1998).

Barganska et al. (2015), estudaram como as atividades humanas produzem contaminantes em quantidades e toxicidade que excedem a capacidade homeostática do ambiente de se purificar. Foi verificado que as abelhas podem levar de volta à colmeia muitos contaminantes depositados em plantas durante suas atividades de forrageamento. Além disso, os pesticidas empregados na agricultura (especialmente na primavera e no verão, quando as atividades agrícolas atingem o pico), podem causar mortalidade das abelhas em larga escala, bem como, contaminar produtos apícolas, prejudicando sua qualidade e propriedades, colocando em risco a saúde humana.

Em estudo semelhante, Conti e Botrè (2001), mediram as concentrações de três metais pesados (cádmio, cromo e chumbo) absorvidos pelas abelhas e, em produtos de apiário (mel, pólen, própolis e cera), apontando que essas espécies e, em menor grau, alguns de seus produtos, podem ser considerados bioindicadores representativos da poluição ambiental.

Zhelyazkova (2012), averiguou a presença de metais pesados no organismo de abelhas *A. mellifera*, encontrando cobre, zinco, chumbo, cádmio, cobalto, níquel, manganês e ferro depositados no corpo das abelhas e seus excrementos, indicando que as abelhas respondem a mudanças no ambiente e, em particular, ao aumento da quantidade de metais pesados no solo, ar e nas plantas, tornando-as um indicador confiável e permitindo seu uso no biomonitoramento do meio ambiente.

Giglio et al. (2017), monitoraram o nível de poluição por metais pesados no meio urbano utilizando forrageiras de *Apis mellifera ligustica* de colmeias pertencentes a apicultores em dois locais, estrategicamente localizados em uma área industrial suburbana e urbana. Os dados obtidos revelaram que as diferenças espaciais e na ordem de magnitude da acumulação do metal pesado ao longo do gradiente urbano-suburbano estão, principalmente, relacionadas às diferentes atividades antropogênicas dentro da amostra local e representam um risco para a saúde humana das pessoas que vivem na cidade.

Zaric et al. (2017), determinaram as concentrações de metais em *A. mellifera* e as análises mostraram duas fontes de metais: antropogênicas e naturais. Em um estudo similar, Davodpour et al. (2018), utilizaram *A. mellifera* como bioindicadores para a detecção de metais tóxicos e essenciais (cádmio, crômio, cobre e ferro) no solo, raiz e flores das plantas, bem como, no corpo das abelhas e mel produzido. Os resultados obtidos demonstraram uma ordem decrescente para a presença dos elementos observados no corpo da abelha, ferro, cobre, crômio e cádmio, o que faz dela um bioindicador confiável da qualidade ambiental. Zaric et al. (2018), utilizaram abelhas como bioindicadores para monitorar a poluição por metais em cinco regiões urbanas e foi verificado que altas concentrações de alguns elementos se devem ao tráfego intenso de veículos e também à



existência de usinas a carvão.

Oliveira e Nagashima (2018), efetuaram a caracterização de elementos metálicos em amostras de mel e verificaram que algumas amostras apresentaram níveis elevados de chumbo, quando comparadas com o máximo permitido pela legislação brasileira. A detecção desse elemento e outros metais pesados em grandes proporções, são indicativos da contaminação solo, ar e água e no ambiente onde se encontra a colmeia.

Nesse sentido, faz-se importante o monitoramento das abelhas, visto que este também contribui para a declaração de impacto ecológico dos agroquímicos, culminando na organização de mapas de saúde ambiental, que incluem dados como taxas de mortalidade, número de apicidas, tipo e nível de risco de moléculas detectadas.

### 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, estabelecer espécies bioindicadoras capazes de detectar diretamente mudanças nas paisagens agrícolas e naturais é fundamental. A abelha *A. mellifera* fornece um sistema atraente para detectar estas mudanças, atuando como um bom bioindicador, já que sua existência está intimamente ligada ao ambiente em que vive. As abelhas são expostas a inúmeros contaminantes durante a alimentação, seus pêlos corporais podem aderir facilmente poluentes do ar durante a coleta de pólen e néctar das flores ou através da água. Além disso, as redes de apiários localizados em áreas urbanas e rurais podem fornecer dados para monitorar a emissão de metais e outros compostos de fontes poluidoras. Assim, as abelhas se tornaram ferramentas importantes para a avaliação ecotoxicológica da qualidade ambiental, devido à sua extraordinária capacidade de bioacumular partículas presentes no ambiente como consequência das atividades antropogênicas. Nesse sentido, o uso de bioindicadores para avaliar a qualidade ambiental é, também, conservar a biodiversidade de polinizadores que contribuem para a produção naquele local.

### REFERÊNCIAS

BAKAXIXI, P.; BUENO, C.E.M.S; RICARDO, H.A.; EIPHANIO, P.D.; SILVA, D.P.; BARROS, B.M.C.; SILVA, T.F.; BOSQUÊ, G.G.; LIMA, F.C.C. A importância da Apicultura no Brasil. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, 10:1-6, 2011.

BARGANSKA, Z.; SLEBIODA, M.; NAMIESNIK, J. Honey bees and their products – bioindicators of environmental contamination. **Environmental Science and Technology**, 46:235-248, 2015.

BUTCHER, D.J.; SNEDDON, J. **A Practical Guide to Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry**, John Wiley, New York, 1998.

CELLI, G.; MACCAGNANI, B. Honey bees as bioindicators of environmental pollution. **Bulletin of Insectology**, 56:137-139, 2003.

CONTI, M.H.; BOTRÈ, F. Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. **Environmental Monitoring and Assessment**, 69:267-282, 2001.

DANFORTH, B.N.; MINCKLEY, R.L.; NEFF, J.L. **The Solitary Bees – Biology, Evolution, Conservation**. Princeton, Princeton University Press, 2019. 471p.

DAVODPOUR, R.; SOBHANARDAKANI, S.; CHERAGHI, M.; ABDI, N.; LORESTANI, B. Honeybees (*Apis mellifera* L.) as a Potential Bioindicator for Detection of Toxic and Essential Elements in the Environment (Case Study: Markazi Province, Iran). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, 77:1-15, 2019.

EMBRAPA MEIO NORTE (Teresina-PI). **Apicultura**: Sistema de produção, 3. ISSN 1678-8818. Versão Eletrônica. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80709/1/sistemaproducao3>. Acesso em: 18, junho, 2020.

GERLACH, J.; SAMWAYS, M.; PRYKE, J. Terrestrial Invertebrates as Bioindicators: An Overview of Available Taxonomic Groups. **Journal of Insect Conservation**, 17:831-850, 2013.

GIGLIO, A.; AMMENDOLA, A.; BATTISTELLA, S.; NACCARATO, A.; PALLAVICINI, A.; SIMEON, E.; TAGARELLI, A.; GIULIANINI, P.G. *Apis mellifera* ligustica, Spinola 1806 as bioindicator for detecting environmental contamination: a preliminar study of heavy metal pollution in Trieste, Italy. **Environmental Science and Pollution Research**, 24:659-665, 2017.

GRIMALDI, D.; ENGEL, M. S. **Evolution of the insects**. Cambridge University Press, 2005.

HEINK, U.; KOWARIK, I. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. **Ecological Indicators**, 10:584-593, 2010.

HILBECK, A.; MEIER, M. Identifying indicator species for postrelease monitoring of genetically modified, herbicide resistant crops. **Euphytica**, 164:903-912, 2008.

KESSLER, S.C.; TIEDEKEN, E.J.; SIMCOCK, K.L.; DERVEAU, S. Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides. **Nature**, 521:74-76, 2015.

KRUPKE, C.H.; HUNT, G.J.; EITZER, B.D.; ANDINO, G.; GIVEN, K. Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. **PLoS One**, 7(1): e29268, 2012.

MURREL, E.G. Can agricultural practices that mitigate or improve crop resilience to climate change also manage crop pests? **Current Opinion in Insect Science**, 23:81-88, 2017.

NASCIMENTO, W.M.; GOMES, E.M.L.; BATISTA, E.A.; FREITAS, R.A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, 30:494-498, 2012.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997. 445p.

OLIVEIRA, M.A.; GOMES, C.F.F.; PIRES, E.M.; MARINHO, C.G.S.; DELLA-LUCIA, T.M.C. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Ceres**, 61:800-807, 2014.

OLIVEIRA, K.M.G.; NAGASHIMA, L.A. Análise dos elementos metálicos no mel como uma ferramenta para o monitoramento ambiental. *Ambiência*, 14:203-211, 2018.

PALUMBO, H.N. **Nossas Brasileirinhas - As Abelhas nativas**. Disponível em: <http://www.cpra.pr.gov.br/arquivos/File/cartilhameliponideos.pdf>. Acesso em: 17, junho, 2019.

QUIGLEY, T.P.; AMDAM, G.V.; HARWOOD, G.H. Honey bees as bioindicators of changing global agricultural landscapes. *Insect Science*, 35:132-137, 2019.

RAMOS, J.M.; CARVALHO, N.C. Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 6:1-21, 2007.

ROMAN, A. Level of copper, selenium, lead, and cadmium in forager bees. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19:663-669, 2010.

SHIMSHONI, J.A.; SPERLING, R.; MASSARWA, M.; CHEN, Y.; BOMMURAJ, V.; BORISOVER M.; BAREL, S. Pesticide distribution and depletion kinetic determination in honey and beeswax: Model for pesticide occurrence and distribution in beehive products. *PLoS One*, 14:e0212631, 2019.

SILVA, F.A.S.; SOUZA, D.C.; ALVES, A.A.; CAMPELO, J.E.G.; BENDINI, J.N.; NUNES, L.A.; VERZIGNASSI, J.R.; PALUDO, F.; FERNANDES, P.B.; SILVA, J.R.G.; SILVA, J.Q. Morfometria geométrica das asas permite verificar o posicionamento racial de abelhas africanizadas. *PUBVET*, 13:1-7, 2019.

SMITH, K.E.; WEIS, D.; AMINI, M.; SHIEL, A.E.; LAI, V.W.M.; GORDON, K. Honey as a biomonitor for a changing world. *Nature Sustainability*, 2:223-232, 2019.

SKORBILOWICZ, E.; SKORBILOWICZ, M.; CIESLUK, I. Bees as Bioindicators of Environmental Pollution with Metals in an Urban Area. *Journal of Ecological Engineering*, 19:229-234, 2018.

SHRESTHA, J.B. Honeybees: the pollinator sustaining crop diversity. *The Journal of Agriculture and Environment*, 9:90-92, 2008.

ZARIC, N.M.; IIIJEVIC, K.; STANISAVLJEVIC, L.; GRZETIC, I. Use of honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators for assessment and source appointment of metal pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 24:25828-25838, 2017.

ZARIC, N.M.; DELJANIN, I.; IIIJEVIC, K.; STANISAVLJEVIC, L.; RISTIC, M.; GRZETIC, I. Assessment of spatial and temporal variations in trace element concentrations using honeybees (*Apis mellifera*) as bioindicators. *PeerJ*, 16:6:e5197, 2018.

ZHANG, H.; LI, Y.; ZHU, J.K. Developing naturally stress-resistant crops for a sustainable agriculture. *Nature Plants*, 4:989,996, 2018.

ZHELYAZKOVA, I. Honeybees – bioindicators for environmental quality. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18:435-442, 2012.

# CAPÍTULO 3

## ATRAÇÃO DE ABELHAS CREPUSCULARES E DIURNAS POR ISCAS-ODORES EM DUAS ÁREAS DISTINTAS NA CHAPADA DIAMANTINA-BAHIA

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 09/07/2020

### **Valdení Mudesto Nascimento Almeida**

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Ciências da Natureza  
Senhor do Bonfim - Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/0405403529623964>

### **Emanuella Lopes Franco**

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Ciências da Natureza  
Senhor do Bonfim - Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/1299529119760128>

### **Madian Maria de Carvalho**

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Ciências da Natureza  
Senhor do Bonfim - Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/5759532209884012>

### **Carina Vieira Pereira**

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Ciências da Natureza  
Senhor do Bonfim - Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/2186068789922763>

**RESUMO:** As abelhas diurnas e crepusculares são eficientes polinizadores que desempenham importante papel na manutenção das comunidades vegetais e conseqüentemente animais. Nas últimas décadas o número de estudos que buscam conhecer a biologia desses animais tem aumentando, principalmente pelo fato de que pesquisas indicam que as populações de abelhas estão em declínio. Para a realização desses trabalhos são utilizadas diferentes

metodologias, entre elas a coleta com armadilhas com iscas-odores. O presente estudo teve como objetivo testar a eficiência das armadilhas com iscas-odores na coleta de abelhas diurnas e crepusculares, bem como comparar a atratividade de diferentes iscas. Foram realizadas, três coletas em Mucugê e duas Itaitú-Jacobina na região da Chapada Diamantina-Bahia. Foram amostrados 62 espécimes de quatro gêneros, 2 gêneros de abelhas diurnas da tribo Euglossini (67%) e 2 gêneros crepusculares (32%) dos indivíduos. O coeficiente de similaridade de Jaccard apresentou um valor de 0,42, indicando que, para a riqueza em espécies de abelhas, as duas áreas são 42% similares. O eugenol foi essência que atraiu a maior abundância de abelhas diurnas, enquanto para as abelhas crepusculares a isca-odor mais atrativa foi o salicilato de metila. A coleta de abelhas crepusculares do gênero *Ptiloglossa* foi registrada pela primeira vez em armadilhas. Concluímos que as armadilhas de iscas-odores, bastante utilizadas para a amostragem de machos de Euglossini, também se mostraram uma ferramenta eficiente na atração de abelhas crepusculares.

**PALAVRAS - CHAVE:** Euglossini, *Megalopta*, *Ptiloglossa*, abelhas noturnas

### ATTRACTION OF CREPUSCULAR AND DIURNAL BEES BY ODOR BAITS IN TWO DIFFERENT AREAS IN THE CHAPADA DIAMANTINA-BAHIA

**ABSTRACT:** Diurnal and crepuscular bees are efficient pollinators that play an important role in maintaining plant and animal communities. In the last decades the number of studies that aim to

know the biology of these animals has been increasing, mainly due to the fact that research indicates that the populations of bees are in decline. To carry out these works, different methodologies are used, including trapping with odor baits. The present study aimed to test the efficiency of odor baits in the collection of diurnal and crepuscular bees, as well as to compare the attractiveness of different baits. Three collections were performed in Mucugê and two Itaitú-Jacobina in the Chapada Diamantina-Bahia region. We sampled 62 specimens of four genera, 2 genera of diurnal bees of the Euglossini tribe (67%) and 2 crepuscular genera (32%) of the individuals. The Jaccard similarity coefficient was 0.42, indicating that for bee species richness the two areas are 42% similar. Eugenol was the essence that attracted the largest abundance of diurnal bees, while for crepuscular bees the most attractive bait was methyl salicylate. The collection of crepuscular bees of the genus *Ptiloglossa* was first recorded in odor baits. We concluded that the odor baits, widely used for the sampling of Euglossini males, also proved to be an efficient tool for attracting crepuscular bees.

**KEYWORDS:** Euglossini, *Megalopta*, *Ptiloglossa*, Night Bees

## 1 | INTRODUÇÃO

As abelhas, por serem visitantes florais por excelência e cuja atividade resulta em um eficiente serviço ecossistêmico de polinização, desempenham papel fundamental na manutenção das comunidades vegetais e conseqüentemente animais, ao efetivarem a produção de sementes e frutos diversos (PROCTOR *et al.*, 1996). As abelhas são consideradas os principais vetores de pólen dos ecossistemas naturais (YAMAMOTO *et al.*, 2010), uma vez que dentre todos os polinizadores elas se destacam por sua dependência na obtenção de pólen, néctar e demais recursos florais, sendo estes utilizados para alimentação, construção dos ninhos, comportamento sexual e suprimento para as crias (TAURA e LAROCCA, 2004).

A superfamília Apoidea é um grupo bastante heterogêneo, e apresenta uma grande variação morfológica, comportamental e de preferência por recursos florais. A maioria das espécies de abelhas possui um padrão diurno de atividade, forrageando entre o nascer e o pôr do sol. Porém, algumas espécies pertencentes a quatro famílias de abelhas (Colletidae, Andrenidae, Halictidae e Apidae) adquiriram independentemente o hábito de voo em horários com pouca luz, concentrando suas atividades durante a noite ou no crepúsculo (HOPKINS ET AL., 2000; WARRANT, 2008; FRANCO E GIMENES, 2011). A evolução deste padrão de atividade está provavelmente relacionada com a possibilidade de explorar melhores fontes de recursos florais, bem como com a fuga de competidores, predadores e parasitas (WISCLO ET AL., 2004), a maior parte dos quais tem hábitos diurnos.

Os machos de abelhas da tribo Euglossini (*Eufriesea*, *Euglossa*, *Eulaema*, *Exaerete* e *Aglae*) coletam perfumes florais e apresentam adaptações morfológicas como a tibia posterior dilatada com superfície interna grande para estocar, transportar e metabolizar esses perfumes (MICHENER 2007, SILVEIRA *et al.*, 2002). Os Euglossini são conhecidas como abelhas das orquídeas porque coletam esse recurso principalmente em flores da

família Orchidaceae, realizando a polinização cruzada. A partir dessa descoberta, odores sintetizados em laboratório tem sido utilizados largamente em levantamento de fauna de Euglossini de todo o Brasil (ROUBIK 1987).

Muitos estudos sistemáticos sobre as comunidades de abelhas no Brasil utilizam a metodologia proposta por Sakagami et al. (1967) de coleta de abelhas nas flores com rede entomológica, do nascer ao pôr do sol. Além desse método amplamente utilizado, alguns estudos adicionam dentre outras metodologias as coletas com iscas aromáticas, geralmente destinadas à amostragem aos machos da tribo Euglossini. A Bahia já possui parte de sua área bem conhecida em relação à fauna de Euglossini (NEMÉSIO, 2013d), a partir de coletas utilizando iscas-odores nas mais diferentes fitofisionomias do estado (NEVES E VIANA, 1997; MELO, 2006; NEMÉSIO, 2009; RAMALHO ET AL., 2009; NEMÉSIO, 2013A, 2013B, 2013C). Reunindo os resultados dos trabalhos apresentados acima e seguindo a identificação das espécies sugerida por Nemésio (2009), encontramos no estado da Bahia cerca de 47 espécies de Euglossini, representadas por quatro gêneros, sendo *Euglossa* o mais representativo com 32 espécies, seguido por *Eufrisea* com sete, *Eulaema* com cinco e *Exaerete* com três espécies.

As investigações sobre as abelhas noturnas e crepusculares tem recebido mais atenção nos últimos anos, devido ao conhecimento escasso sobre a biologia e distribuição dessas abelhas, bem como devido ao potencial destas abelhas como polinizadoras de algumas espécies de plantas de interesse agrícola, como cajá (*Spondias mombin* Linnaeus, 1753) (CARNEIRO e MARTINS, 2011), guaraná (*Paullinia cupana* var *sorbilis* (Mart.) Ducke, 1937) (KRUG et al., 2015) e cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg, 1984) (CORDEIRO et al., 2016). A dificuldade para identificar a visita dessas espécies nas flores em horários de pouca luz explica em parte os entraves à realização de mais estudos com abelhas crepusculares e noturnas em flores. Deste modo, a proposição de metodologias alternativas para a coleta dessas abelhas, como uso de armadilhas de iscas-odor, pode ampliar o conhecimento sobre estas espécies. Carvalho et al., (2012) e Knoll e Santos (2012) capturaram fêmeas de *Megalopta* utilizando iscas-odores para a atração de machos de Euglossini. Pouco se sabe sobre os mecanismos de detecção de plantas-alvo e recompensas florais por abelhas crepusculares e noturnas, mas aparentemente a atratividade química tem um papel mais importante nesse processo que para as abelhas diurnas (LUNAU et al., 2006; BURGER et al., 2010).

A diversificação de métodos e a ampliação do tempo de amostragem das abelhas são importantes para amostrar espécies que não são eficientemente coletadas com os métodos usuais, a exemplo das abelhas noturnas e crepusculares (ALVES-DOS-SANTOS, 2007).

Considerando a importância do conhecimento do uso de iscas-odores para coletar abelhas, este estudo teve como objetivo testar a eficiência das armadilhas na coleta de ambas crepusculares e diurnas, bem como comparar a atratividade de diferentes iscas, com

base em amostragens realizadas em duas localidades distintas da Chapada Diamantina.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

As coletas ocorrem em duas áreas da Serra do Espinhaço que é uma cadeia montanhosa constituída por dois blocos principais, a porção mineira e a baiana, esta última conhecida como Chapada Diamantina.

O Parque Municipal de Mucugê localiza-se no município de Mucugê, nas imediações do Parque Nacional da Chapada Diamantina, na Serra do Sincorá, a cerca de 4 km da cidade de Mucugê (Figura 1), entre as coordenadas 12°59'02"-13°00'18"S e 41°19'40"-41°21'33"W, a uma altitude em torno de 1.000 m acima do nível do mar e área de 4,5 km<sup>2</sup>. É uma Unidade de Conservação de uso indireto, seguindo, portanto, diretrizes para a proteção da biodiversidade local. Os campos rupestres constituem o grande domínio fitofisionômico da área de estudo, cuja ocorrência é restrita a locais altos e de temperaturas baixas. Apresenta o clima classificado como tropical semiúmido, com os meses mais chuvosos entre novembro e janeiro. A média anual de precipitação pluviométrica é em torno de 1.000 mm. Apresenta temperaturas amenas durante todo o ano, com a média anual de 19 °C (CEI Bahia, 1994; STRADMANN et al., 1998).

A segunda área de amostragem foi a trilha da Cachoeira Véu de Noiva, é assim chamada por apresentar uma queda d'água que assemelha a um véu. Localizada a 3 km do distrito de Itaitú, município de Jacobina - Bahia (Figura 1), no trecho da porção Norte da Chapada Diamantina, com uma altitude de 463 metros acima do nível do mar. Localiza-se nas coordenadas de latitude 11° 20' 23" S e longitude 40° 29' 38" W, no norte do Estado da Bahia. A vegetação caracterizada por um mosaico composto de caatinga, cerrado, floresta estacional e campo rupestre, bem como transições entre estes tipos de vegetação (SANTOS e ROCHA, 2011).

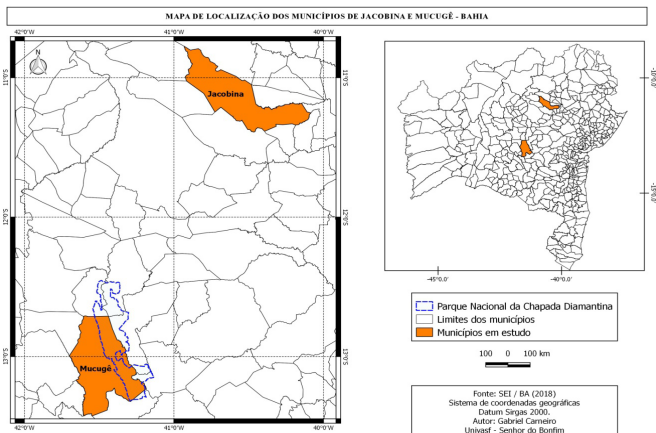


Figura 1 – Mapa de localização das áreas de estudo nos municípios de Jacobina e Mucugê-Bahia

Fonte: Gabriel Carneiro Cunha, 2019

As amostragens deste estudo foram realizadas como parte do projeto “Interações ecológicas entre plantas e abelhas crepusculares dos gêneros *Megalopta* Smith, 1853 (Hymenoptera, Apoidea, Halictidae) e *Ptiloglossa* Smith, 1853 (Hymenoptera, Apoidea, Colletidae) na Chapada Diamantina, Bahia.”, que utilizou armadilhas de iscas-odores para a atração de abelhas diurnas e crepusculares.

As amostragens foram realizadas em duas etapas: a primeira etapa foi realizada em Mucugê-BA, de maio a dezembro de 2018, totalizando 3 coletas (maio, outubro e dezembro de 2018); e a segunda etapa foi realizada em Itaitú, Jacobina – BA, totalizando duas coletas (maio e junho de 2019). Foram utilizadas armadilhas conforme modelo descrito por Bezerra e Martins (2001), que consiste em armadilhas com iscas-odores, confeccionadas com garrafas plásticas de dois litros tipo PET, um chumaço de algodão embebido na essência, colocado dentro de cada armadilha.

As armadilhas foram dispostas cerca de 30 metros de distância uma da outra instaladas em galhos de árvores presentes na borda da mata, com a ajuda de um barbante, cada uma com um tipo de essência, tendo início no começo da manhã e retiradas ao completar no mínimo 24 horas. Foram utilizadas quatro essências (salicilato de metila, eugenol, vanilina, óleo essencial de eucalipto).

Todas as abelhas coletadas foram sacrificadas em câmara mortífera contendo acetato de etila. Em seguida foram montadas a seco, e etiquetadas com informações referentes ao número do ponto de coleta, à data, o local, e o tipo de isca-odor. Posteriormente, as abelhas foram triadas, organizadas e encaminhadas para especialistas para identificação ao nível específico (Dr. André Nemésio e depositados na coleção de abelhas da Universidade Federal de Uberlândia; e Dr. Gabriel Melo, da Universidade Federal do Paraná e depositadas na



Os dados foram analisados quanto a riqueza e abundância das espécies por área, bem como por cada essência utilizada. Para a comparação da composição da fauna das abelhas nas diferentes áreas amostradas foi calculado o índice de diversidade beta de Jaccard através da fórmula  $Ss=a/(a+b+c)$ , onde “a” é o número de “espécies” aparecem simultaneamente na amostra, “b” é o número de “espécies” indivíduos exclusivos da área 1 e c é o número de “espécies” da área 2. Este índice varia de 0 a 1, onde 0 indica nenhuma similaridade na composição da fauna e 1 indica a total similaridade. Este índice foi escolhido porque as duas áreas apresentaram esforço amostral diferente (três amostras para Mucugê e duas para Itaitú).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram coletados 62 espécimes de abelhas, sendo 42 machos da tribo Euglossini (diurnas), e 20 indivíduos de abelhas crepusculares (Tabela 1).

As abelhas da tribo Euglossini pertencem a dois gêneros e cinco espécies. O gênero *Euglossa* foi o que apresentou maior riqueza, representado por três espécies: *Euglossa (Euglossa) melanotricha* Moure, 1967, *Euglossa (Glossurella) stellfeldi* Moure, 1947, *Euglossa (Euglossa) despecta* Moure, 1968. O gênero *Eulaema*, representado por duas espécies *Eulaema (Apeulaema) nigrita* Lepeletier, 1841 e *Eulaema (Apeulaema) marcii* Nemésio, 2009. Quanto às abelhas crepusculares, foram coletados 18 indivíduos de *Megalopta* Smith, 1853 e 2 de *Ptiloglossa* Smith, 1853. A lista das espécies coletadas, com informações sobre o número de indivíduos de cada uma e a porcentagem em relação ao total de indivíduos está apresentada na Tabela 1.

ESPÉCIES	(N)	%
<i>Eulaema (Apeulaema) marcii</i> Nemésio, 2009	16	26
<i>Euglossa (Euglossa) despecta</i> Moure, 1968	12	19
<i>Euglossa (Glossurella) stellfeldi</i> Moure, 1947	5	8
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841	5	8
<i>Euglossa (Euglossa) melanotricha</i> Moure, 1967	4	6
<b>TOTAL DIURNAS</b>	<b>42</b>	<b>68%</b>
<i>Megalopta</i> sp.	18	29%
<i>Ptiloglossa</i> sp.	2	3%
<b>TOTAL CREPUSCULARES</b>	<b>20</b>	<b>32%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>62</b>	

Tabela 1 - Número de indivíduos (n) e representação de cada espécie (porcentagem em relação ao total de indivíduos coletados) com o uso de iscas-odores em duas áreas da Chapada Diamantina.

Do total de abelhas coletadas 68% são diurnas e 32% são crepusculares. A espécie

mais abundante entre as abelhas diurnas, foi *E. marcii*, com 25% dos machos capturados; seguida por *E. despecta* (19%). Para as abelhas crepusculares, a *Megalopta* sp. apresentou maior abundância (Tabela 1). Este é o segundo registro da espécie *E. stellfeldi* para o Norte do estado da Bahia, sendo essa espécie já foi anteriormente apontada como uma espécie exclusiva da Mata Atlântica, (NEMÉSIO E SILVEIRA, 2006; ANDRADE-SILVA ET AL., 2012).

A riqueza de espécies da tribo Euglossini capturadas foi menor quando comparada com outros estudos realizados na Chapada Diamantina, em que o número de espécies variou entre 7 e 14 (NEVES e VIANA, 1997,1999; BARRETO, 2008). Porém, estes estudos apresentaram um maior esforço amostral, bem como um maior período de coleta de dados. Diferenças nas condições climáticas e na fitofisionomia das áreas também podem explicar a menor riqueza registrada neste estudo quando comparado aos supracitados (SOUZA et al., 2005). Em uma área de caatinga em Campo Formoso- Bahia, Andrade-silva et al., (2012) capturaram 627 indivíduos pertencentes a 14 espécies e quatro gêneros.

Comparando-se as coletas nas duas áreas, foi observada uma maior abundância e riqueza de abelhas crepusculares Mucugê. O inverso ocorreu em Itaitú, onde foram coletadas mais abelhas diurnas que crepusculares (Figura 2). O índice de Similaridade de Jaccard apresentou um valor de 0,42, indicando que, para a riqueza em espécies de abelhas, as duas áreas são 42% similares. As espécies diurnas *E. marcii*, *E. stellfeld* e *E. melanotricha* foram coletadas exclusivamente em Itaitú, e a abelhas crepuscular *Ptiloglossa* sp. foi coletada exclusivamente em Mucugê (Figura 2).

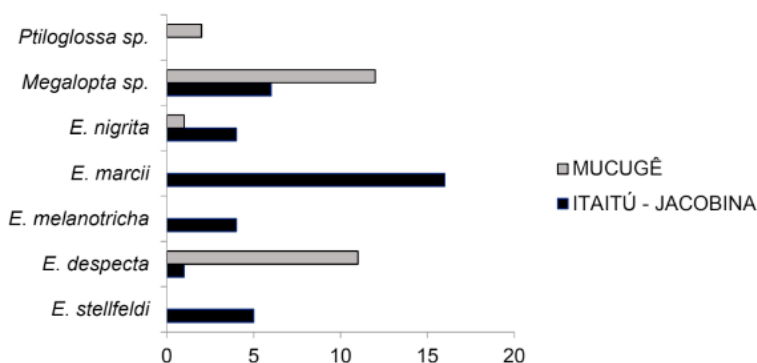


Figura 2 – Abelhas crepusculares e diurnas coletadas com iscas-odores em Itaitú- Jacobina e Mucugê, Chapada Diamantina, Bahia.

Os dois pontos de coleta amostrados neste estudo apresentam uma fitofisionomia distinta (Itaitú de floresta estacional semidecidual e Mucugê campos rupestre), o que pode explicar em parte as diferenças entre as espécies de Euglossini coletadas nas duas áreas.

As abelhas da tribo Euglossini são típicas da Mata Atlântica, aproximadamente 50 espécies já foram registradas nesse ecossistema brasileiro (SOFIA *et al.*, 2004; NEMÉSIO 2009; GONÇALVES *et al.*, 2014; FERRONATO *et al.*, 2017). Porém, adicionalmente florestas estacionais, matas de galeria, restinga, cerrado, caatinga, dunas e áreas urbanas constituem habitat para várias espécies deste grupo (NEVES & VIANA 1999, VIANA *et al.*, 2002, AGUIAR e ZANELLA, 2005; ALVARENGA *et al.*, 2007, AGUIAR e GAGLIANONE 2008, SILVA *et al.*, 2009).

O esforço amostral utilizado neste estudo também foi diferente para as duas áreas de coleta, podendo também influenciar estes resultados.

As diferenças na composição florística local e na disponibilidade de recursos podem ser fatores importantes na variação da riqueza e composição das espécies de abelhas encontradas em áreas distintas mesmo com formações vegetacionais semelhantes (SOUZA *et al.*, 2005). Em relação às espécies coletadas, *E. nigrita*, espécie considerada como bioindicadora de ambientes abertos e áreas perturbadas (MORATO *et al.*, 1992; PERUQUETTI *et al.*, 1999;; TONHASCA JÚNIOR *et al.*, 2002; SILVA & REBÊLO, 2002; AGUIAR & GAGLIANONE, 2008), teve maior abundância em Mucugê. Vários estudos mostraram que *E. nigrita* ocorrem em ambientes urbanos, onde também foram encontrados ninhos de construção (ZUCCHI *et al.*, 1969, SILVEIRA *et al.*, 2002; DARRAULT *et al.*, 2003). A espécie *E. despecta*, registrada neste estudo em ambas as áreas de coleta, é conhecida pela capacidade de deslocar-se em longas distâncias e em diferentes ambientes, a exemplo de áreas de cultura de cana-de-açúcar (MILLET-PINHEIRO, 2005) e pastos (TONHASCA Jr., 2005).

Em relação à abundância dos indivíduos atraídos pelas iscas-odores, observa-se que o eugenol foi essência que atraiu a maior abundância de abelhas diurnas, enquanto para as abelhas crepusculares a isca-odor mais atrativa foi o salicilato de metila (Figura 3). Em estudos com abelhas Euglossini, Matozzo *et al.*, (2011) expôs resultados semelhantes com 54% dos indivíduos coletados em eugenol na Mata Atlântica do Paraná. Cardoso-Júnior (2010) apresentou 28,4% dos indivíduos de Euglossini atraídos por eugenol, e Peruquetti *et al.*, (1999) registrou maior número de espécies (80%) atraídos por esta mesma isca em Minas Gerais. Knoll e Santos (2012) também destacaram o eugenol como essência mais atrativa para abelhas crepusculares (54% do total de indivíduos), seguido por salicilato de metila (22%). Carvalho *et al.*, (2012) em estudo realizado no Estado de Goiás, registrou que o composto eugenol não atraiu nenhuma abelha crepuscular, apresentando o salicilato de metila como essência mais atrativa, conforme encontrado neste estudo (Figura 3).

Em termos de proporção de riqueza de espécies atraídas por cada essência, o eugenol obteve a maior eficiência, com a captura de nove espécies, seguida por vanilina e salicilato de metila, com quatro espécies cada. Embora o eugenol tenha sido a isca mais atrativa, ela não foi a mais atrativa para todos os gêneros, sendo a vanilina a essência mais atrativa para o gênero *Eulaema* (62% dos indivíduos deste gênero) (Figura 4).

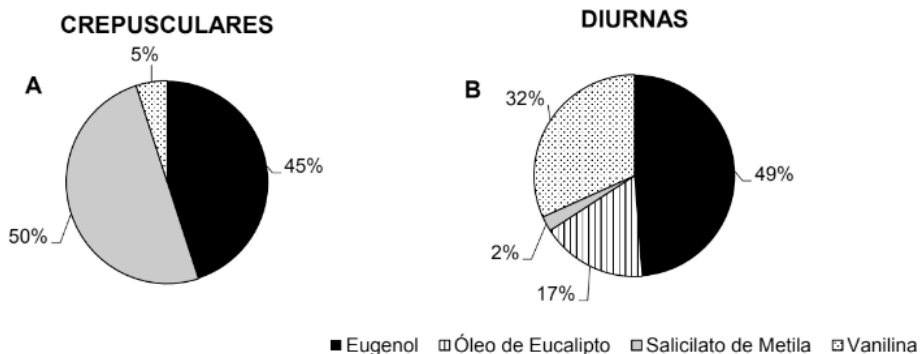


Figura 3 – Porcentagem de atratividade de indivíduos de diferentes iscas-odor para abelhas crepusculares (A) e diurnas (B) em duas áreas da Chapada Diamantina- Bahia.

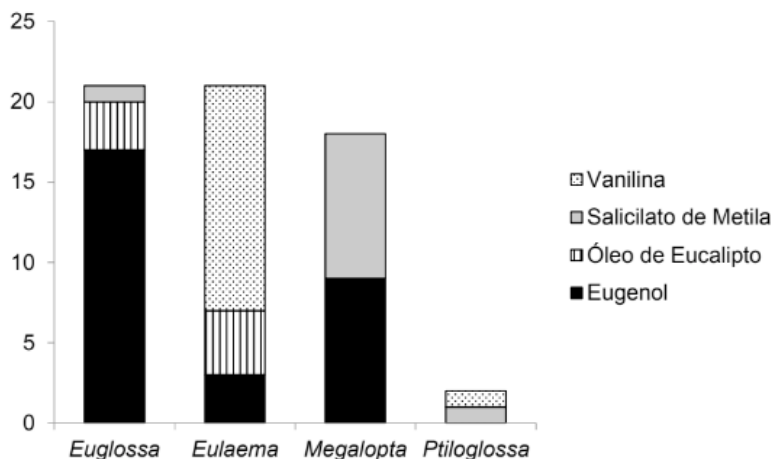


Figura 4 – Preferências das iscas-odores por gêneros de abelhas diurnas e crepusculares em duas áreas da Chapada Diamantina – BA.

O eugenol também se mostrou bastante eficiente na coleta de abelhas crepusculares, tendo em vista que foi a segunda isca que mais atraiu abelhas destas espécies, somando 45% do total das abelhas coletadas (Figura 3) do gênero *Megalopta* (Figura 4). Este estudo representa o primeiro registro de abelhas do gênero *Ptiloglossa* em iscas-odores, com um indivíduo coletado em salicilato e metila e outro em vanilina. Vale destacar que em trabalhos anteriores que usaram iscas-odores para a atração de abelhas noturnas e crepusculares Knoll e Santos (2012) e Carvalho *et al.*, (2012) coletaram apenas abelhas do gênero *Megalopta*, destacando o eugenol e o salicilato de metila como essências mais atrativas, respectivamente. (Figura 4).

A atratividade das iscas-odores para Euglossini apresentaram resultados diferentes de outros estudos realizados na Bahia na qual a essência de eucaliptol demonstrou melhor eficiência (VIANA *et al.*, 2002; NEVES e VIANA, 2003; SANTOS *et al.*, 2014).

Para Mendes *et al.*, (2008), duas hipóteses são sugeridas para o fato de alguns compostos considerados bons atrativos não atraírem machos de Euglossini em determinados locais: (1) estes compostos aromáticos não estariam presentes em nenhum recurso natural utilizado pelos machos para obtenção de fragrância, não sendo assim reconhecidos (PERUQUETTI e CAMPOS, 1997; PERUQUETTI, 1998); ou (2) estes compostos estariam ausentes nos materiais utilizados pelas fêmeas para a construção do ninho (PERUQUETTI *et al.*, 1999).

Zimmerman e Madrian (1988) e Ramalho *et al.*, (2009) sugerem que a variação quantitativa de indivíduos amostrados nas essências pode estar relacionada à idade das abelhas Euglossini, uma vez que os machos mais jovens frequentam fontes de substâncias odoríferas mais ativamente, considerando-se, portanto, que estariam mais ativos sexualmente.

O odor encontrado em muitas flores é essencial para a atração de polinizadores noturnos e crepusculares, incluindo as abelhas (KNUDSEN e TOLLSTEN, 1995; RAGUSO, 2002, 2008; DOBSON, 2006; CARVALHO *et al.*, 2012). Cordeiro *et al.*, (2017) descreveu a polinização de uma espécie de Myrtacea por abelhas noturnas dos gêneros *Megalopta* e *Ptiloglossa*, destacando a importância dos odores para a atração desses polinizadores.

Este estudo mostra a importância do uso de armadilhas de iscas- para atrair outras abelhas, incluindo *Megalopta* (Halictidae, Augochlorini), e *Ptiloglossa* (Colletidae, Caupolicanini) (CAMPOS *et al.*, 1989; MELO 1995; ENGEL e BROOKS 1999; GONZALEZ *et al.*, 2010; NEMÉSIO e SIQUEIRA 2011). Armadilhas de isca para as abelhas das orquídeas podem ser deixado durante a noite para atrair abelhas de baixa luminosidade e esses dados usam como um conjunto adicional de informações em pesquisas sobre biodiversidade com iscas de abelha de orquídea poderia potencialmente ser incluído nos protocolos de coleta estabelecidos para avaliação rápida da fauna de abelhas, como sugerido por Santos e Silveira (2009).

Com base nos dados apresentados e discutidos neste estudo, podemos concluir que as armadilhas de iscas-odores, comumente utilizadas para a amostragem de machos de Euglossini, também se mostraram uma ferramenta eficiente na atração de abelhas crepusculares. Deste modo, estas armadilhas podem ser utilizadas em investigações sobre outros aspectos da biologia de abelhas noturnas e crepusculares, já que os conhecimentos sobre estas na literatura são incipientes. Neste estudo foi registrada pela primeira vez a atração de abelhas crepusculares do gênero *Ptiloglossa* por iscas-odores. Este estudo também reforçou atratividade da essência salicilato de metila por abelhas crepusculares.

A alta atratividade do eugenol para abelhas diurnas da tribo Euglossini foi registrada nesse trabalho, confirmando dados de estudos anteriores. A espécie *E. stellfield*, que já foi

anteriormente apontada como uma espécie exclusiva da Mata Atlântica, e com distribuição que vai da área costeira do Paraná passando pelo estado de Minas Gerais até o sul da Bahia (NEMÉSIO E SILVEIRA, 2006), foi registrada em Itaitú - Jacobina-BA neste trabalho e no município de Campo Formoso por Andrade-Silva *et al.*, (2012), reforçando a ocorrência desta espécie no norte do estado da Bahia.

Este estudo contribuiu com o conhecimento sobre a composição da fauna nas áreas amostradas, em especial para a região de Itaitú - Jacobina, que ainda não possui levantamentos sistematizados da fauna de abelhas. Espera-se que estes dados auxiliem futuramente na criação do plano de manejo do local amostrado.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR C.M.L. e ZANELLA F.C.V. 2005. **Estrutura da comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae) de uma área na margem do domínio da caatinga (Itatim - BA)**. Neotropical Entomology 34: 15-24.

AGUIAR W.M. e GAGLIANONE M.C. 2008. **Comunidade de Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em Remanescentes de Mata Estacional Semidecidual sobre Tabuleiro no Estado do Rio de Janeiro**. Neotropical Entomology 37 (2):118-12.

ALVARENGA, P. E. F.; FREITAS, R. F.; AUGUSTO, S. C. 2007. **Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de cerrado do Triângulo Mineiro, MG**. Bioscience Journal, 23: 30-37.

ALVES-DOS-SANTOS, I. 2007. **Estudos sobre comunidades de abelhas no sul do Brasil e proposta para avaliação rápida da apifauna subtropical**. Brazilian Journal of Ecology 11 (1- 2): 53-65.

AMERICANO-SANTOS, M. 2012. **Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em ecótono Mata Atlântica - Caatinga no planalto de Vitória da Conquista, BA**. 39 p. Monografia (Especialização em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

ANDRADE-SILVA, A.C.R.; NEMÉSIO, A.; OLIVEIRA, F.F.; NASCIMENTO, F.S. 2012. **Spatial–Temporal Variation in Orchid Bee Communities (Hymenoptera: Apidae) in Remnants of Arboreal Caatinga in the Chapada Diamantina Region, State of Bahia, Brazil**. Neotropica Entomológica, 41: 296-305

BARRETO, A. Q. 2008. **Diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) no entorno de fragmento de mata semidecidual no Estado da Bahia / Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.**

BEZERRA, C. P.; MARTINS, C. F. 2001. **Diversidade de Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em dois fragmentos de Mata Atlântica localizados na região urbana de João Pessoa, Paraíba, Brasil**. Revista Brasileira de Zoologia, 18: 823-835.

BURGER, H.; DÖTTERL, S.; AYASSE, M. 2010. **Host plant finding and recognition by visual and**

**olfactory floral cues in an oligolectic bee.** 24 (6): 1234-1240.

CAMPOS, L.A.O., SILVEIRA, F.A., OLIVEIRA, M.L., ABRANTES, C.V.M., MORATO, E.F., MELO, G.A.R. 1989. **Utilização de armadilhas para a captura de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apoidea).** Revista Brasileira de Zoologia 6: 621-626.

CARDOSO JÚNIOR, J. C. S. 2010. **Estudo da fauna de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em paisagem fragmentada na serra da forquilha, Jacutinga, região sul de Minas Gerais: diversidade de espécies e uso de habitats.** [Dissertação] Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociência, Rio Claro, 62 p.

CARNEIRO, L. T.; MARTINS, C. F. **Africanized honey bees pollinate and preempt the pollen of *Spondias mombin* (Anacardiaceae) flowers.** Apidologie, Springer Verlag, 2012, 43 (4), pp.474-486, João Pessoa, PB, Brazil, 2011.

CARVALHO, A. T. et al. 2012. **Nocturnal Bees are Attracted by Widespread Floral Scents.** Springer. 38: 315–318,

CEI BAHIA – Centro de estatística e informações. 1994. **Informações básicas dos municípios baianos: Região da Chapada Diamantina.** Salvador. 695p.

CORDEIRO, G. D. *et al.*, 2016. **Pollination of *Campomanesia phaea* (Myrtaceae) by night-active bees: a new nocturnal pollination system mediated by floral scent.** Revista Plant Biology. 132–139, São Paulo, Brazil.

DARRAULT, R.O.; C. SCHLINDWEIN & P. MILET-PINHEIRO. 2003. **Diferentes demandas ambientais em *Eulaema* (Apidae, Euglossini) da Mata Atlântica Nordestina,** p. 352-355. In: V. CLAUDINO-SALES; I.M. TONINI; E.W.C. DANTAS (Eds). Anais VI Congresso de Ecologia do Brasil. Fortaleza, CE-Brasil, XXV+692p.

DOBSON HEM. 2006. **Relationship between floral fragrance composition and type of pollinator.** In: Dudareva N, Pichersky E, eds. Biology of floral scent. Boca Raton: CRC Press, 147–198.

Engel, M. S. & R.W. BROOKS. 1999. **The Augochlorine Bee Genus *Megaloptilla* (Hymenoptera: Halictidae).** University of Kansas Natural History Museum Special Publication 24: 9–15.

FERRONATO, M.C.F., GIANGARELLI, D.C., MAZZARO, D., UEMURA, N. & SOFIA, S.H. (2017). **Orchid Bee (Apidae: Euglossini) Communities in Atlantic Forest Remnants and Restored areas in Paraná State, Brazil.** Neotropical Entomology, 47(3) 352-361.

FRANCO, E. L.; GIMENES B, M. 2011. **Pollination of *Cambessedesia wurdackii* in Brazilian campo rupestre vegetation, with special reference to crepuscular bees.** Journal of Insect Science, 11(1): 97.

GONÇALVES, R.B., SCHERER, V.L. & OLIVEIRA, O.S. 2014. **The orchid bees (Hymenoptera, Apidae, Euglossina) in a forest fragment from western Paraná state, Brazil.** Papéis Avulsos de Zoologia, 54(6): 63-68.

GONZALEZ, V. H.; C. RASMUSSEN & A. VELASQUEZ. 2010. **Una especie nueva de *Lestrimelitta* y**

**un cambio de nombre en *Lasioglossum* (Hymenoptera: Apidae, Halictidae).** Revista Colombiana de Entomología 36: 319–324.

HOPKINS, M. J. G.; HOPKINS, H. C. F.; SOTHERS, C. A. 2000. **Nocturnal pollination of *Parkia velutina* by *Megalopta* bees in Amazonia and its possible significance in the evolution of chiropterophily.** Journal of Tropical Ecology 16: 733–746.

KNOLL, F. R. N.; SANTOS L. M. 2012. **Orchid bee baits attracting bees of the genus *Megalopta* (Hymenoptera, Halictidae) in Bauru region, São Paulo, Brazil: abundance, seasonality, and the importance of odors for dim-light bees.** Revista Brasileira de Entomologia 56(4): 481–488.

KNUDSEN JT, TOLLSTEN L. 1995. **Floral scent in bat-pollinated plants: a case of convergent evolution.** Botanical Journal of the Linnean Society 119: 45–57.

KRUG, C.; GARCIA, M. V. B.; GOMES, F. B. 2015. **A scientific note on new insights in the pollination of guarana (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*).** Springer (2015) 46:164–166.

LUNAU, K. et al., 2006 **Visual targeting of components of floral colour patterns in flower-naive bumblebees (*Bombus terrestris*; Apidae).** Naturwissenschaften, 93(7): 325-328,.

MATOZZO, V. C.; FARIA, L. R. R.; MELO, G. A. R. 2011. **Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in the coastal forests of southern Brazil: diversity, efficiency of sampling methods and comparison with other Atlantic Forest surveys.** Papéis Avulsos de Zoologia 51 (33): 505-515.

MELO, G. A. R. 2006. **Apidae (subtribos Meliponina e Euglossina) da região dos lagos do Amapá.** In: COSTA NETO, S. V. **Inventário Biológico das Áreas do Sucuriju e Região dos Lagos, no Amapá:** PROBIO. Macapá: IEPA,. p. 123-13

MELO, G.A.R. 1995. **Fragrance gathering by *Euglossa* males in flowers of *Ternstroemia dentata* (Theaceae) (Hymenoptera: Apidae: Euglossinae).** Entomologia Generalis 19: 281-283.

MENDES, F.N.; RÊGO, M.M.C.; CARVALHO, C.C. DE. 2008. **Abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) coletadas em uma monocultura de eucalipto circundada por Cerrado em Urbano Santos, Maranhão, Brasil.** Iheringia, (Zoolologia), 98 (3) p. 285-290.

MICHENER, C. D. 2007. **The Bees of the World.** 2nd Edition, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 953 p.

MILET-PINHEIRO, P.; SCHLINDWEIN, C. 2005 **Do euglossine males (Apidae, Euglossini) leave a tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures?** Revista Brasileira de Zoologia 22 (4): 853-858.

MORATO, E.F., L.A. CAMPOS e J.S. MOURE, 1992. **Euglossini (Hymenoptera, Apidae) coletadas na Amazônia central.** Revista Brasileira de Entomologia, 36: 767-771.

NEMÉSIO, A. 2009. **Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of the Brazilian Atlantic Forest.** Zootaxa, 2041:1-242.

NEMÉSIO, A. e SILVEIRA, F.A. 2006. **Edge effects on the orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae:**



**Apini: Euglossina) at a large remnant of Atlantic Rain Forest in southeastern Brazil.** Neotropical Entomology, 35:313-323.

NEMÉSIO, A. e. L. SIQUEIRA. 2011. **Acanthopus excellens Schrottky, 1902 (Hymenoptera: Apidae: Ericrocidini)** attracted to eugenol in southeastern Brazil. North-Western Journal of Zoology 7: 164–166.

NEMÉSIO, A. 2013a. **The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of ‘Reserva Biológica de Una’, a hotspot in the Atlantic Forest of southern Bahia, eastern Brazil.** Brazilian Journal of Biology, 73 (2): 347-352.

NEMÉSIO, A. 2013b. **The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of two Atlantic Forest remnants in southern Bahia, eastern Brazil.** Brazilian Journal of Biology, 73 (2): 375-381.

NEMÉSIO, A. 2013c. **The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of ‘Parque Nacional do Monte Pascoal’, ‘Parque Nacional do Descobrimento’ and three other Atlantic Forest remnants in southern Bahia, eastern Brazil.** Brazilian Journal of Biology, 73 (2): 437-446.

NEVES, E. L. e VIANA, B. F. 1997. **Inventário da fauna de Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) do baixo sul da Bahia, Brasil.** Revista Brasileira de Zoologia 14(4):831-837.

NEVES, E.L. E B.F. VIANA. 1999. **Comunidade de machos de Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) das matas ciliares da margem esquerda do Médio Rio São Francisco, Bahia. An. Soc. Entomol. Brasil 28: 201-210.**

PERUQUETTI, R. C.; CAMPOS, L. A. O. 1997. **Aspectos da biologia de Euplusia violacea (BLANCHARD) (Hymenoptera, Apidae, Euglossini).** Revista Brasileira de Zoologia 14 (1): 91-97.

PERUQUETTI, R.C. 1998. **Notes on adults of Euglossa townsendi (Apidae: Euglossini) reared from a trap nest.** Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.27, n. 2, p. 309-311.

PERUQUETTI, R.C.; CAMPOS, L.A.O; COELHO, C.D.P.; ABRANTES, C.V.M. e LISBOA, L.C.O. 1999. **Abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: abundância, riqueza e aspectos biológicos.** Revista Brasileira de Zoologia, 16:101-118.

PROCTOR, M., YEO, P., LACK, A. 1996. **The natural history of pollination.** London, Harper Collins Publishers., 47p.

RAGUSO R.A. 2008. **Wake up and smell the roses: the ecology and evolution of floral scent.** Annual Review of ecology and Systematics 39: 549–569.

RAGUSO RA, WILLIS MA. 2002. **Synergy between visual and olfactory cues in nectar feeding by naive hawkmoths.** Animal Behavior 63: 685–95.

RAMALHO, A. V.; GAGLIONE, M. C.; OLIVEIRA, M. L. 2009. **Comunidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil.** Revista Brasileira de Entomologia, v. 53, n. 1, p. 95-101.

ROUBIK, D. W. e J. D. ACKERMAN. 1987. **Long term ecology of euglossine orchid bees (Apidae: Euglossini) in Panama.** Oecologia 73: 321-333.

SAKAGAMI, S.F., LAROCA, S., MOURE, J.S.1967. **Wild bees biocenotics in São José dos Pinhais**

(Pr), South Brazil - preliminary report. J. Fas. Sci Hokkaido Univ. Ser. 6, Zoology, 19: 253-91.

SANTOS, A.; ROCHA, J. 2011. **Ecoturismo no distrito de Itaitu, Jacobina – BA: uma abordagem interpretativa das trilhas das cachoeiras do Piancó, Vêu de Noiva, Serpente, Esplendor, Talhadeira e das Flores**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia). Universidade Estadual da Bahia (UEBA), Salvador. 65p.

SANTOS, L. M. & F. A. SILVEIRA. 2009. **Taxonomic notes on *Megalopta* Smith, 1853 (Hymenoptera: Halictidae: Augochlorini) with a synopsis of the species in the state of Minas Gerais, Brazil**. *Zootaxa* 2194: 1–20.

SILVA, F.S. & REBÊLO, J.M.M. 2002. **Population dynamics of Euglossinae bees (Hymenoptera, Apidae) in an early second-growth forest of cajal island, in the state of Maranhão, Brazil**. *Brazilian Journal of Biology* 62 (1): 15-23.

SILVA, O.; REGO, M. M.; ALBUQUERQUE, P. M.; RAMOS, M. C. 2009. **Abelhas Euglossina (Hymenopter: Apidae) em Área de Restinga do Nordeste do Maranhão**. *Neotropical entomology*, 38(2): 186-196.

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

SOFIA, S.H., SANTOS, A.M. e SILVA, C.R.M. (2004). **Euglossini bees (Hymenoptera, Apidae) in a remnant of Atlantic Forest in Paraná State, Brazil**. *Iheringia Série Zoologia*, 94(2): 217- 222.

SOUZA, A.K.P.; HERNÁNDEZ, M.I.M.; MARTINS, C.F. 2005. **Riqueza, abundância e diversidade de Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em três áreas da Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil**. *Revista Brasileira de Zoolologia*, v. 22, p. 320-325.

STRADMANN, M.T.S.; SILVA, J.C.; SANTOS, B.R. & POVEDA, A.L.L. 1998. Plano de manejo do Parque Municipal de Mucugê.

TAURA, H. M., LAROCA, S. 2004. **Biologia da polinização: interações entre as abelhas (Hym., Apoidea) e as flores de *Vassobia breviflora* (Solanaceae)**. *Acta Biologica*, 33 (1, 2, 3, 4): 143-162.

VIANA, B. F.; A. M. P. KLEINERT; E. L. NEVES. 2002. **Comunidade de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) das dunas litorâneas do Abaeté. Salvador, Bahia, Brasil**. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 46, n. 4, p. 539-545.

WARRANT, E. J. 2008. **Review: Seeing in the dark: vision and visual behaviour in nocturnal bees and wasps**. *The Journal of Experimental Biology* 211: 1737-1746.

WCISLO, W. T. et al. 2004. **The evolution of nocturnal behaviour in sweat bees, *Megalopta genalis* and *M. ecuadoria* (Hymenoptera, Halictidae): an escape from competitors and enemies?** *Biological Journal of the Linnean Society* 83: 377-387.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A. A. A.; OLIVEIRA, P. E. A. M. de. 2010. **A polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá – amarelo (*Passiflora edulis* F. *flavicarpa* DENEDEK)**. *Oecologia Australis*, 14 (1): 174-192.

ZIMMERMAN, J. K.; MADRINAN, S. R. 1988. **Age structure of male *Euglossa imperialis***

**(Hymenoptera, Apidae, Euglossini) at nectar and chemical sources in Panama.** Journal of Tropical Ecology 4: 303-306.

ZUCCHI, R.; S.F. SAKAGAMI & J.M.F. CAMARGO. 1969. **Biological observations on a Neotropical parasocial bee, *Eulaema nigrita*, with a review on the biology of Euglossinae (Hymenoptera, Apidae). A comparative study.** Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University (VI, Zoology), 17: 271-380.

# CAPÍTULO 4

## CHECKLIST DE ABELHAS (HYMENOPTERA, APIDAE) DO ESTADO DE GOIÁS

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 03/08/2020

### Marcela Yamamoto

Universidade Estadual de Goiás – Campus  
Sudoeste  
Curso de Ciências Biológicas  
Quirinópolis – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/1077479686835951>

### Poliana Cândida de Matos

Universidade Estadual de Goiás – Campus  
Sudoeste  
Curso de Ciências Biológicas  
Quirinópolis – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/3469712946922512>

**RESUMO:** Uma lista das espécies de abelhas do estado de Goiás foi elaborada com base em levantamento bibliográfico. Fizemos uma busca nas bases *Web of Science*, *Scielo*, anais de eventos da área e no Google acadêmico e achamos 54 trabalhos acadêmicos que atenderam aos parâmetros. Encontramos um total de 245 espécies distribuídas em cinco subfamílias, das quais 197 identificadas até o nível de espécie e 48 até gênero. Comparando com o banco de dados, 54 espécies constavam no *Species Link* e 116 no Catálogo Moure, totalizando 137 espécies já registradas e pelo menos 61 novos registros de espécies e 13 gêneros com registros inéditos para o estado. As coletas tiveram abrangência de pelo menos 46 localidades. Ainda são poucos os estudos

relacionados a apifauna de Goiás resultando em um conhecimento escasso diante da diversidade do grupo. Os resultados revelaram que a dificuldade de identificação do material biológico é uma limitação, revelando a importância em formação de pessoal para pesquisa, identificação e consolidação de grupos de pesquisa. Além disso, ressalta-se a importância de depositar o material em coleções bem como manter essas coleções biológicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Apifauna. Cerrado. Coleção biológica. Conservação. Polinizador.

### CHECKLIST OF BEES FROM GOIÁS STATE

**ABSTRACT:** We prepared a checklist of bee species from Goiás state by doing a bibliographic review. We search on *Web of Science*, *Scielo* databases, annals of specific events and Google academic, comprising a total of 54 academic papers that had the requirements. We found 245 species divided in five subfamilies, which 197 identified until species level and 48 until genus level. Comparing with database 54 species were included in the *Species Link*, and 116 in the *Moure Catalog* totalizing 137 species previously registered and at least 61 new species records and 13 new genera records for the state. The material was collected in at least 46 locations. Our results showed that we still have few studies related to the apifauna of Goiás state, resulting in scarce knowledge considering the diversity of the group. Also, the difficulty of identifying biological material highlight the importance of training qualified personnel for research mainly taxonomy and forming research groups. In addition, the

importance of deposit the material and maintain biological collections is emphasized, as well as the definition of research protocols that allow replication in space and time.

**KEYWORDS:** Apifauna. Biological Collection. Brazillian Savanna. Conservation. Pollinator.

## 1 | INTRODUÇÃO

Existem mais de 20.400 espécies descritas de abelhas com variações na aparência e no tamanho (ENGEL; RASMUSSEN; GONZALEZ, 2020). Devido a sua íntima relação com as flores, as abelhas constituem um importante grupo de polinizadores seja em ambientes naturais ou agrícolas (MICHENER, 2007; POTTS et al., 2010). Relatos do declínio do grupo e de potenciais consequências tornaram-se preocupantes (e.g. BIESMEIJER et al., 2006; POTTS et al., 2010; ZATTARA; AIZEN, 2019). São enumeradas causas diversas como perda e fragmentação de hábitat, mudança climática (SOROYE et al., 2020) intensificação das atividades agrícolas, patógenos e espécies não nativas, ou um conjunto desses fatores (ERENLER et al., 2020; LANDER, 2020).

No Brasil, a partir da Iniciativa Brasileira dos Polinizadores houve uma grande demanda de projetos visando o uso, manejo e conservação dos polinizadores (DIAS et al., 1999), no entanto ainda há carência de informações a respeito dos polinizadores autóctones em seu ambiente natural. Informações sobre a biodiversidade de abelhas em áreas não amostradas e a biologia das espécies nativas fornecem importantes subsídios, especialmente em uma região de intensa expansão agrícola como o estado de Goiás.

No Brasil há cerca de 3.000 espécies de abelhas descritas de um total de 17.533 espécies descritas no mundo (MICHENER, 2007). Segundo o Catálogo de abelhas Moure, obra que apresenta todas as informações registradas até o ano de 2011 sobre as espécies de abelhas neotropicais, para o estado de Goiás registra-se a ocorrência de 189 espécies de abelhas (MOURE; URBAN; MELO, 2012).

Em vista disso, buscando conhecer a diversidade da apifauna do estado com intuito de contribuir para conservação das espécies de abelhas, o objetivo deste trabalho foi de elaborar a lista de espécies de abelhas com registros de ocorrência para o estado de Goiás por meio de uma revisão bibliográfica.

## 2 | METODOLOGIA

Para a elaboração da lista de espécies de abelhas do estado de Goiás inicialmente fizemos uma revisão bibliográfica nos diretórios de busca da *Web of Science* e *Scielo*. Complementamos a busca com a consulta aos anais dos eventos do Simpósio Brasileiro de polinização e do Encontro sobre abelhas, além do livro *Biologia e Ecologia da Polinização* oriundo do Curso Internacional de Polinização realizado no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros em 2014. Devido a quantidade de trabalhos encontrados também efetuamos uma busca no Google acadêmico. Utilizamos as palavras *Apidae*, *bee* e *pollinat\*\**

combinadas com Goiás e cerrado. Consideramos todas as publicações que mencionavam espécies de abelhas coletadas no estado de Goiás, publicadas a partir do ano 2000. A busca na *Web of Science* incluiu o período de 1945-2020 e no *Scielo* não houve restrição do período de busca, mas os resultados mostraram publicações a partir do ano 2000. Assim, restringimos a busca no Google acadêmico ao mesmo período.

Produções de mesmos autores e que apresentavam mesmo período de coleta e local foram consideradas somente uma vez. Para a elaboração da lista de espécies de abelhas consideramos os registros de epíteto científico e no caso de morfoespécies mencionadas em nível de gênero, incluímos somente aqueles não mencionados anteriormente.

Utilizamos o Catálogo de abelhas Moure (<http://www.moure.cria.org.br/catalogue>) como parâmetro das espécies registradas para o estado de Goiás, complementados com informações do *Species Link* (<http://www.splink.org.br/>) para comparar com os registros de espécies encontradas na literatura. Além disso, o catálogo Moure foi usado como referência para correção dos homônimos e checagem da grafia dos epítetos.

### 3 | RESULTADOS

Encontramos 21 artigos que atenderam aos requisitos da busca em 531 resultados na base de dados *Web of Science* e 17 artigos em 160 resultados no *Scielo*, sendo que apenas um artigo não foi repetido. Obtivemos cinco resumos nos anais de eventos e quatro capítulos do livro de Biologia e Ecologia da Polinização. A busca no Google acadêmico resultou em 23 trabalhos diferentes dos primeiros, sendo 14 artigos, um capítulo de livro, quatro dissertações, dois livros e dois resumos de eventos, em mais de 5.000 resultados. Assim, apresentamos os resultados da análise de 54 produções publicadas nos anos 2000 a 2020.

As abelhas foram coletadas em pelo menos 46 municípios do estado de Goiás, sendo que 25,9% das amostragens feitas em parques nacionais, estaduais e RPPN; 12,2% em parques municipais e áreas urbanas; 12,1% em fragmentos de cerrado e matas e 22,4% em fazendas e áreas de cultivos. No entanto, mais de 27% dos estudos não mencionam a localidade de coleta. Quase 45% dos estudos envolveu a abordagem de interação planta-polinizador e apenas cinco efetuaram levantamento de apifauna. Os demais envolveram descrição de espécie, genética, taxonomia, comportamento, biogeografia e rede de interações.

Encontramos o registro de pelo menos 245 espécies de abelhas, das quais 197 identificadas até o nível de espécie e 48 identificadas em nível de gênero (Tabela 1). Comparando aos registros para o estado de Goiás, 54 espécies já constavam na base de dados registrada no *Species Link* (<http://www.splink.org.br/>) e 116 espécies no Catálogo Moure, resultando em 137 espécies catalogadas e pelo menos 61 novas espécies, além de 13 gêneros com registros inéditos para o estado.

As espécies encontradas pertencem a cinco subfamílias: Andreninae, Apinae, Colletinae, Halictinae e Megachilinae, sendo Apinae a mais abundante com 58 gêneros e 184 espécies (Tabela 2).

Subfamília - Gênero/espécie	Referências
ANDRENIDAE	
<i>Acamptopoeum prinii</i> (Holmberg, 1884)	24;37
<i>Cephalurgus anomalus</i> Moure & Lucas de Oliveira, 1962	24
<i>Oxaea austera</i> Gerstaecker, 1867	37
<b><i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807</b>	13;37;40;48;50;51;52;54
<i>Oxaea mourei</i> Graf, 1992	48
APINAE	
<b><i>Acanthopus</i> Klug, 1807</b>	37
<i>Aglae caerulea</i> Lepeletier & Serville, 1825	10;44
<b><i>Alepidosceles imitatrix</i> (Schrottky, 1909)</b>	30;48
<i>Ancyloscelis romeroi</i> (Holmberg, 1903)	48
<i>Ancyloscelis</i> sp.2 Latreille, 1829	37
<b><i>Anthophora</i> Latreille, 1803</b>	1
<b><i>Arhysoceble</i> Moure, 1948</b>	48
<b><i>Bombus (Fervidobombus) brasiliensis</i> Lepeletier, 1836</b>	24
<b><i>Bombus (Fervidobombus) brevivillus</i> Franklin, 1913</b>	12;13;24;40;51
<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i> (Swederus, 1787)	4;24;29;37;50;51;52;54
<b><i>Bombus (Fervidobombus) pauloensis</i> Friese, 1913</b>	24;51
<b><i>Centris (Aphemisia) mocsaryi</i> Friese, 1899</b>	24
<b><i>Centris (Centris) aenea</i> Lepeletier, 1841</b>	1;7;9;29;37;51;52;54
<b><i>Centris (Centris) flavifrons</i> (Fabricius, 1775)</b>	7
<b><i>Centris (Centris) nitens</i> Lepeletier, 1841</b>	48
<b><i>Centris (Centris) varia</i> (Erichson, 1849)</b>	51
<b><i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> Smith, 1874</b>	1;4;29;37;51;52
<b><i>Centris (Hemisiella) trigonoides</i> Lepeletier, 1841</b>	1;24
<i>Centris (Hemisiella) vittata</i> Lepeletier, 1841	1
<i>Centris (Melacentris) collaris</i> Lepeletier, 1841	24;37
<b><i>Centris (Melacentris) rhodoprocta</i> Moure &amp; Seabra, 1960</b>	51
<i>Centris (Paracentris) burgdorfi</i> Friese, 1900	22;24
<b><i>Centris (Paracentris) hyptidis</i> Ducke, 1908</b>	23
<b><i>Centris (Paracentris) klugii</i> Friese, 1899</b>	22;24
<b><i>Centris (Paracentris) thelyopsis</i> Vivallo &amp; Melo, 2009</b>	23
<b><i>Centris (Ptilotopus) atra</i> Friese, 1899</b>	24;37
<i>Centris (Ptilotopus) neglecta</i> sp. nov.	53
<b><i>Centris (Ptilotopus) scopipes</i> Friese, 1899</b>	51

<b><i>Centris (Trachina) fuscata</i> Lepeletier, 1841</b>	1;7;8;29;52;54
<b><i>Centris (Trachina) longimana</i> Fabricius, 1804</b>	51
<i>Centris (Trachina) machadoi</i> Azevedo & Silveira, 2005	48
<b><i>Centris (Xanthemisia) bicolor</i> Lepeletier, 1841</b>	51
<i>Centris (Xanthemisia) lutea</i> Friese, 1899	37
<b><i>Cephalotrigona capitata</i> (Smith, 1854)</b>	30
<i>Ceratina (Ceratinula) sp.1</i> Moure, 1941	48
<i>Ceratina (Ceratinula) sp.2</i> Moure, 1941	48
<i>Ceratina (Crewella) cuprifrons</i> Strand, 1910	54
<i>Ceratina (Crewella) sp.2</i> Cockerell, 1903	48
<i>Ceratina (Crewella) sp.3</i> Cockerell, 1903	48
<i>Ceratina (Crewella) sp.4</i> Cockerell, 1903	48
<i>Ceratina (Crewella) sp.5</i> Cockerell, 1903	48
<b><i>Cyphomelissa diabolica</i> (Friese, 1900)</b>	24
<i>Dasyhalonia sp.1</i> Michener, LaBerge & Moure, 1955	37
<i>Dasyhalonia sp.2</i> Michener, LaBerge & Moure, 1955	37
<i>Diadasina</i> Moure, 1950	37;54
<b><i>Epicharis (Anepicharis) dejeanii</i> Lepeletier, 1841</b>	24;51
<b><i>Epicharis (Epicharana) flava</i> Friese, 1900</b>	1;13;24;28;36;40;51;54
<b><i>Epicharis (Epicharis) bicolor</i> Smith, 1854</b>	24;28;49;51
<i>Epicharis (Epicharitides) cockerelli</i> Friese, 1900	9;36;51
<i>Epicharis (Epicharitides) iheringi</i> Friese, 1899	37;51
<b><i>Epicharis (Epicharitides) luteocincta</i> Moure &amp; Seabra, 1959</b>	24
<i>Epicharis (Epicharoides) xanthogastra</i> Moure & Seabra, 1959	51
<b><i>Epicharis (Hoplepicharis) affinis</i> Smith, 1874</b>	37
<i>Epicharis (Hoplepicharis) sp.2</i> Moure, 1945	37
<b><i>Epicharis (Triepicharis) analis</i> Lepeletier, 1841</b>	12;24;28;30;51
<i>Epicharis (Triepicharis) sp.2</i> Moure, 1945	37
<b><i>Eufriesea auriceps</i> (Friese, 1899)</b>	10;24;37
<i>Eufriesea violascens</i> (Mocsáry, 1898)	24
<b><i>Euglossa (Euglossa) cordata</i> (Linnaeus, 1758)</b>	2;10;24;25;35;37
<i>Euglossa (Euglossa) fimbriata</i> Moure, 1968	37
<i>Euglossa (Euglossa) hemichlora</i> Cockerell, 1917	37
<b><i>Euglossa (Euglossa) melanotricha</i> Moure, 1967</b>	24;31;37;48
<i>Euglossa (Euglossa) securigera</i> Dressler, 1982	10;37
<b><i>Euglossa (Euglossa) townsendi</i> Cockerell, 1904</b>	10
<i>Euglossa (Euglossa) variabilis</i> Friese, 1899	2
<i>Euglossa (Glossura) imperialis</i> Cockerell, 1922	2;10;13;40
<i>Euglossa (Glossura) iopocila</i> Dressler, 1982	10
<b><i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i> (Fabricius, 1804)</b>	10



<b><i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841</b>	1;2;4;10;24;29;34;36;37;48;50; 52; 54
<b><i>Eulaema (Eulaema) helvola</i> Moure, 2003</b>	10
<i>Eulaema (Eulaema) polyzona</i> (Mocsáry, 1897)	24
<i>Eurytis funereus</i> Smith, 1854	51
<b><i>Exaerete frontalis</i> (Guérin, 1844)</b>	24
<b><i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin, 1844)</b>	2;10
<b><i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i> Spinola, 1853</b>	4;5;24;29;48;52;54
<b><i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i> Spinola, 1853</b>	1;24;29;37;52;54
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) campestris</i> Silveira, 1996	48
<b><i>Exomalopsis (Exomalopsis) fulvofasciata</i> Smith, 1879</b>	1;24;30;48;54
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) minor</i> Schrottky, 1910	29;52;54
<b><i>Florilegus (Euflorilegus) affinis</i> Urban, 1970</b>	24
<b><i>Florilegus (Floriraptor) melectoides</i> (Smith, 1879)</b>	24
<i>Florilegus condignus</i> (Cresson, 1878)	24
<i>Florilegus festivus</i> (Smith, 1854)	24
<i>Frieseomelitta doederleini</i> (Friese, 1900)	14
<b><i>Frieseomelitta languida</i> Moure, 1990</b>	18
<b><i>Frieseomelitta silvestrii</i> (Friese, 1902)</b>	1;18;19
<b><i>Frieseomelitta varia</i> (Lepeletier, 1836)</b>	1;16;17;19;26
<b><i>Gaesischia (Agaesischia) patellicornis</i> (Ducke, 1910)</b>	24
<b><i>Gaesischia (Gaesischia) araguaiana</i> Urban, 1968</b>	24
<b><i>Gaesischia (Gaesischiopsis) flavoclypeata</i> Michener, LaBerge &amp; Moure, 1955</b>	24
<i>Gaesischia (Gaesischiopsis) sparsa</i> Michener, LaBerge & Moure, 1955	24
<b><i>Gaesischia (Gaesischiopsis) minima</i> Urban, 1989</b>	24
<b><i>Geotrigona mombuca</i> (Smith, 1863)</b>	24;48;68
<i>Geotrigona subterranea</i> (Friese, 1901)	29;52;54
<b><i>Hopliphora velutina</i> (Lepeletier &amp; Serville, 1825)</b>	24
<i>Lophopedia haeckeli</i> (Friese, 1910)	24
<b><i>Lophopedia pygmaea</i> (Schrottky, 1902)</b>	13;36;40
<i>Lophopedia savanicola</i> Aguiar, 2009	13;40
<i>Melipona (Melikerria) fasciculata</i> Smith, 1854	30;46
<b><i>Melipona (Melikerria) quinquefasciata</i> Lepeletier, 1836</b>	14;19;24;32;33;42;54
<b><i>Melipona (Melipona) quadrifasciata anthidioides</i> Lepeletier, 1836</b>	41
<b><i>Melipona (Melipona) quadrifasciata quadrifasciata</i> Lepeletier, 1836</b>	24
<b><i>Melipona (Michmelia) rufiventris</i> Lepeletier, 1836</b>	3;6;19;24;33;43
<b><i>Melissodes (Ecplectica) nigroaenea</i> (Smith, 1854)</b>	24
<b><i>Melissodes (Ecplectica) sexcincta</i> (Lepeletier, 1841)</b>	24
<i>Melissoptila minarum</i> (Bertoni & Schrottky, 1910)	48

<b><i>Melissoptila pubescens</i> (Smith, 1879)</b>	24
<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)	24
<i>Melitoma</i> sp.2 Lepeletier & Serville, 1828	37
<i>Melitomella</i> Roig-Alsina, 1999	37;54
<i>Mesonychium</i> Lepeletier & Serville, 1825	48
<i>Mesoplia</i> sp.1 Lepeletier, 1841	37;51
<i>Mesoplia</i> sp.2 Lepeletier, 1841	37;51
<i>Microthurge</i> Michener, 1983	30
<b><i>Monoeca pluricincta</i> (Vachal, 1909)</b>	24
<i>Monoeca</i> sp.2 Lepeletier & Serville, 1828	37
<b><i>Nannotrigona testaceicornis</i> (Lepeletier, 1836)</b>	24
<i>Nomada</i> sp.1 Scopoli, 1770	37
<i>Nomada</i> sp.2 Scopoli, 1770	37
<i>Nomada</i> sp.3 Scopoli, 1770	37
<b><i>Odyneropsis armata</i> (Friese, 1900)</b>	24
<b><i>Oxytrigona tataira</i> (Smith, 1863)</b>	19;26
<b><i>Pachysvastra leucocephala</i> (Bertoni &amp; Schrottky, 1910)</b>	24
<b><i>Paratetrapedia connexa</i> (Vachal, 1909)</b>	1
<b><i>Paratetrapedia flaveola</i> Aguiar &amp; Melo, 2011</b>	36
<b><i>Paratetrapedia lineata</i> (Spinola, 1853)</b>	9;24
<b><i>Paratetrapedia lugubris</i> (Cresson, 1878)</b>	1
<b><i>Paratetrapedia punctata</i> Aguiar &amp; Melo, 2011</b>	48
<i>Paratetrapedia</i> sp. nov.2 Moure, 1941	1
<i>Paratetrapedia</i> sp. nov.5 Moure, 1941	1
<i>Paratetrapedia</i> sp. nov.6 Moure, 1941	1
<b><i>Paratetrapedia testacea</i> (Smith, 1854)</b>	28
<b><i>Paratrigona lineata</i> (Lepeletier, 1836)</b>	1;5;9;12;17;24;29;30;48; 52; 54
<i>Paratrigona subnuda</i> Moure, 1947	26
<b><i>Partamona ailyae</i> Camargo, 1980</b>	24
<b><i>Partamona cupira</i> (Smith, 1863)</b>	11;24
<i>Partamona rustica</i> Pedro & Camargo, 2003	13;36
<i>Ptilothrix plumata</i> Smith, 1853	30
<b><i>Rhathymus bicolor</i> Lepeletier &amp; Serville, 1824</b>	36
<i>Rhathymus</i> sp.2 Lepeletier & Serville, 1824	36
<i>Rhogepeolus</i> Moure, 1955	37
<b><i>Scaptotrigona depilis</i> (Moure, 1942)</b>	1;48
<b><i>Scaptotrigona polysticta</i> Moure, 1950</b>	19
<b><i>Scaptotrigona postica</i> (Latreille, 1807)</b>	1,19
<b><i>Scaura latitarsis</i> (Friese, 1900)</b>	1
<b><i>Scaura longula</i> (Lepeletier, 1836)</b>	1;24
<i>Schwarziana chapadensis</i> sp. nov	20

<b><i>Schwarziana mourei</i> Melo, 2003</b>	3
<b><i>Schwarziana quadripunctata</i> (Lepeletier, 1836)</b>	24
<i>Schwarziana</i> sp. nov. Moure, 1943	21
<i>Tapinotaspidoides</i> Moure, 1944	1;37
<b><i>Tetragona clavipes</i> (Fabricius, 1804)</b>	1;19;24;30;37
<b><i>Tetragona truncata</i> Moure, 1971</b>	24
<b><i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)</b>	1;9;24;26;29;30;45; 52;54
<b><i>Tetrapedia diversipes</i> Klug, 1810</b>	1;7
<i>Tetrapedia</i> sp.2 Klug, 1810	1;37
<i>Trichocerapis</i> Cockerell, 1904	48
<b><i>Trigona branneri</i> Cockerell, 1912</b>	26;27
<i>Trigona chanchamayoensis</i> Schwarz, 1948	1
<b><i>Trigona fulviventris</i> Guérin, 1844</b>	1;7
<b><i>Trigona fuscipennis</i> Friese, 1900</b>	1;24
<b><i>Trigona hyalinata</i> (Lepeletier, 1836)</b>	1;19
<b><i>Trigona pallens</i> (Fabricius, 1798)</b>	7;30
<b><i>Trigona recurva</i> Smith, 1863</b>	1
<b><i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)</b>	1;5;13;14;17;16;24;26;30;38;40; 47;50;51
<b><i>Trigona truculenta</i> Almeida, 1984</b>	1;24;30
<i>Trigonisca nataliae</i> (Moure, 1950)	1
<b><i>Tropidopédia carinata</i> Aguiar &amp; Melo, 2007</b>	13
<b><i>Xylocopa (Cirroxylocopa) vestita</i> Hurd &amp; Moure, 1963</b>	24;37
<b><i>Xylocopa (Dasyxylocopa) bimaculata</i> Friese, 1903</b>	24
<b><i>Xylocopa (Diaxylocopa) truxali</i> Hurd &amp; Moure, 1963</b>	24
<b><i>Xylocopa (Monoxylocopa) abbreviata</i> Hurd &amp; Moure, 1963</b>	24;37
<b><i>Xylocopa (Neoxylocopa) augusti</i> Lepeletier, 1841</b>	24
<b><i>Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis</i> Ducke, 1910</b>	1;24
<b><i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)</b>	24
<b><i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i> Lepeletier, 1841</b>	1;24;47;51
<b><i>Xylocopa (Neoxylocopa) hirsutissima</i> Maidl, 1912</b>	24;51
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	13;30;40;51
<b><i>Xylocopa (Schonnherria) macrops</i> Lepeletier, 1841</b>	24
<b><i>Xylocopa (Schonnherria) muscaria</i> (Fabricius, 1775)</b>	1;24;30
<b><i>Xylocopa (Schonnherria) subcyanea</i> Pérez, 1901</b>	24;51
<b><i>Xylocopa (Schonnherria) subzonata</i> Moure, 1949</b>	24
<b><i>Xylocopa (Stenoxylocopa) artifex</i> Smith, 1874</b>	24
<b><i>Xylocopa (Stenoxylocopa) nogueirai</i> Hurd &amp; Moure, 1960</b>	24
COLLETINAE	
<b><i>Chilicola (Hylaeosoma) megalostigma</i> (Ducke, 1908)</b>	24
<b><i>Colletes petropolitanus</i> Dalla Torre, 1896</b>	24

<i>Hylaeus arsenicus</i> (Vachal, 1901)	24
<i>Hylaeus pannosus</i> (Vachal, 1909)	24
<i>Hylaeus transversus</i> (Vachal, 1909)	24
<b><i>Perditomorpha inconspicua</i> (Michener, 1989)</b>	24
<i>Ptiloglossa stafuzzai</i> Moure, 1945	24
<i>Ptiloglossa styphlaspis</i> Moure, 1945	24
<i>Ptiloglossa xanthotricha</i> Moure, 1945	24
<i>Sarocolletes</i> Michener, 1989	48
HALICTINAE	
<i>Agapostemon</i> ( <i>Notagapostemon</i> ) <i>chapidensis</i> Cockerell, 1900	48
<b><i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) <i>detudis</i> (Vachal, 1911)</b>	24
<i>Augochlora</i> ( <i>Augochlora</i> ) <i>foxiana</i> Cockerell, 1900	24
<b><i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) <i>pyrgo</i> (Schrottky, 1910)</b>	24
<b><i>Augochlorella tredecim</i> (Vachal, 1911)</b>	24
<i>Augochlorella urania</i> (Smith, 1853)	37
<i>Augochloropsis aurifluens</i> (Vachal, 1903)	28
<i>Augochloropsis callichroa</i> (Cockerell, 1900)	9;29;52;54
<i>Augochloropsis crassigena</i> Moure, 1943	7
<i>Augochloropsis heterochroa</i> (Cockerell, 1900)	48
<i>Augochloropsis</i> cfr <i>illustris</i> (Vachal, 1903)	28
<i>Augochloropsis patens</i> (Vachal, 1903)	48
<i>Augochloropsis semele</i> (Schrottky, 1902)	48
<b><i>Augochloropsis smithiana</i> (Cockerell, 1900)</b>	29;48;52;54
<i>Ceratalictus clonius</i> (Brèthes, 1909)	48
<i>Dialictus</i> cf <i>pabulator</i> (Schrottky, 1910)	48
<i>Dialictus</i> sp.2 Robertson, 1902	48
<i>Dialictus</i> sp.3 Robertson, 1902	48
<b><i>Megalopta aegis</i> (Vachal, 1904)</b>	24;37
<b><i>Megalopta amoena</i> (Spinola, 1853)</b>	24;37
<b><i>Megalopta guimaraesi</i> Santos &amp; Silveira, 2009</b>	37
<b><i>Megalopta sodalis</i> (Vachal, 1904)</b>	24
<i>Rhinocorynura inflaticeps</i> (Ducke, 1906)	48
<i>Sphecodes</i> Latreille, 1804	37
<b><i>Thectochlora alaris</i> (Vachal, 1904)</b>	37
MEGACHILINAE	
<b><i>Anthidium latum</i> Schrottky, 1902</b>	30
<b><i>Epanthidium aureocinctum</i> Urban, 1995</b>	51
<i>Coelioxys</i> Latreille, 1809	37
<b><i>Larocanthidium bilobatum</i> Urban, 1997</b>	37
<i>Larocanthidium fasciatum</i> Urban, 1997	48

<b><i>Lithurgus huberi</i> Ducke, 1907</b>	15;30;37
<i>Megachile (Acentron)</i> Mitchell, 1943	37
<i>Megachile (Austrosarus) diasii</i> Raw, 2006	48
<b><i>Megachile (Austrosarus) frankieana</i> Raw, 2006</b>	39;48
<i>Megachile (Chrysosarus)</i> sp.1 Mitchell, 1943	37
<i>Megachile (Chrysosarus)</i> sp.2 Mitchell, 1943	37
<i>Megachile (Chrysosarus)</i> sp.3 Mitchell, 1943	37
<i>Megachile (Grafella)</i> Mitchell, 1980	37
<b><i>Megachile (Leptorachina) laeta</i> Smith, 1853</b>	54
<i>Megachile (Leptorachis)</i> Mitchell, 1934	37
<i>Megachile (Neochelynia) brethesi</i> Schrottky, 1909	48
<i>Megachile (Pseudocentron)</i> cf <i>rubricata</i> Smith, 1853	51
<i>Megachile (Pseudocentron)</i> sp.2 Mitchell, 1934	51
<i>Megachile (Pseudocentron)</i> sp.3 Mitchell, 1934	51
<i>Megachile (Sayapis)</i> Titus, 1906	54
<i>Megachile (Trichurochile)</i> Mitchell, 1980	37

Tabela 1. Abelhas amostradas no estado de Goiás. Em negrito as espécies registradas na base de dados do *Species Link* e/ou do Catálogo Moure e referências: 1. SANTIAGO et al., 2009; 2. GRANDOLFO et al., 2013; 3. MELO, 2003; 4. FRANCESCHINELLI et al., 2013; 5. MELO SILVA et al., 2014; 6. COSTA; FREITAS; FAQUINELLO, 2014; 7. BATISTA; PACHECO; SANTOS, 2005; 8. HALL; KLEIN; BARROS, 2008; 9. AMORIM; de MARCO, 2011; 10. SILVA; DE MARCO, 2014; 11. DESSI, MIRANDA, DEL-LAMA, 2015; 12. PIRES et al., 2012; 13. MESQUITA-NETO, 2013; 14. SOARES et al., 2014; 15. NORMANDIN; WIENS, 2014; 16. RODRIGUES et al., 2014; 17. BARROS et al., 2014; 18. PATRICIO, 2000; 19. LAURINO et al., 2002; 20. MELO, 2015; 21. LUZ, 2011; 22. ZANELLA, 2002; 23. VIVALLO; MELO, 2009; 24. SILVEIRA, MELO, ALMEIDA, 2002; 25. COELHO; CARRIJO, 2014; 26. FERREIRA et al., 2009; 27. BARÔNIO; PIRES; AOKI, 2012; 28. BALESTRA et al., 2014; 29. SILVA NETO, 2013; 30. PIRES et al., 2014; 31. FREITAS, 2009; 32. BOMFIM et al., 2014; 33. SALOMÃO et al., 2004; 34. PINTO et al., 2015; 35. COELHO et al., 2017; 36. SÁ et al., 2016; 37. SILVA; NOGUEIRA; DE MARCO, 2017; 38. MOURA et al., 2017; 39. RAW, 2006; 40. MESQUITA-NETO et al., 2018; 41. BATALHA-FILHO et al., 2009; 42. PEREIRA et al., 2009; 43. NEGREIROS et al., 2019; 44. FRANCESCHINELLI et al., 2017; 45. SILVA et al., 2013; 46. OLIVEIRA et al., 2004; 47. FREITAS et al., 2020; 48. SOUZA et al., 2018; 49. MATIAS et al., 2019; 50. MACHADO et al., 2010; 51. MORAIS et al., 2020; 52. GAGLIANONE et al., 2018; 53. VIVALLO, 2019; 54. FRANCESCHINELLI et al., 2019.

Subfamília	Apinae	Halictinae	Megachilinae	Colletinae	Andreninae	Total
<b>Tribos</b>	14	2	3	5	3	<b>27</b>
<b>Gêneros</b>	58	10	6	6	3	<b>83</b>
<b>Espécies</b>	184	25	21	10	5	<b>245</b>

Tabela 2. Número de tribos, gêneros e espécies de abelhas por subfamília registradas no estado de Goiás.

Nas publicações selecionadas, houve a coleta de 2.070 espécimes de abelhas distribuídas em 27 tribos, 83 gêneros e 245 espécies. Os 107 espécimes considerados como novos registros para o estado distribuem-se em cinco subfamílias, 21 tribos, 56 gêneros, sendo que 44 registros novos foram identificados até gênero ou subgênero (conforme Tabela 1). Apinae foi a subfamília mais representada com 72 espécies em 40 gêneros, seguida de Halictinae (15 espécies em oito gêneros), Megachilinae (15 espécies em três gêneros), Andreninae (quatro espécies em quatro gêneros) e Colletinae (uma espécie em um gênero). Os gêneros com maior riqueza de espécie foram *Centris* (22 espécies), seguidos de *Xylocopa* (16), *Megachile* (15), *Epicharis* (11), *Euglossa* e *Paratetrapedia* (9 cada) e *Augochloropsis* (8).

## 4 | DISCUSSÃO

A contribuição das abelhas na manutenção da diversidade de plantas nativas e na polinização de cultivos é tido como um importante serviço ambiental, no entanto, para propor se práticas de conservação e manejo necessitamos conhecimento do grupo. Os resultados encontrados apontaram novas ocorrências de espécies e de gêneros para o estado de Goiás, com uma abrangência de quase 50 localidades. Possivelmente novas espécies poderão ser amostradas visto que a região Centro-Oeste é apontada como local com carência de estudos, com registro de baixa riqueza de espécies em relação a outras regiões do país, fato que pode estar associado aos poucos estudos conduzidos na região ou no bioma Cerrado (LIMA; SILVESTRE, 2017).

A situação torna-se preocupante considerando que os fatores que afetam negativamente as populações de abelhas estão em evidência no Cerrado e no estado de Goiás, uma vez que podem afetar o conhecimento da diversidade existente ainda não conhecida. Estudos em diversas partes do mundo têm relatado a diminuição nas populações de insetos polinizadores associados a fragmentação de habitats, patógenos, espécies invasoras, mudanças climáticas e uso generalizado de inseticidas agrícolas (e.g. POTTS et al., 2010; ZATTARA; AIZEN, 2019; ERENLER et al., 2020; LANDER, 2020; SOROYE et al., 2020)

A riqueza de espécies de abelhas encontrada em Goiás é inferior quando comparada ao estado de São Paulo com registros de 573 e 729 espécies (MOURE; URBAN; MELO, 2012 e PEDRO; CAMARGO, 1999, respectivamente), onde são realizados levantamentos há mais tempo e os grupos de pesquisas estão estabelecidos. Quando comparado a outros estados da região Centro-Oeste, os valores variam: no Mato Grosso do Sul com o registro de duas fontes com 111 espécies (MOURE; URBAN; MELO, 2012) e 386 espécies (LIMA; SILVESTRE, 2017), o estado do Mato Grosso registra 335 espécies e o Distrito Federal conta com 60 espécies (MOURE; URBAN; MELO, 2012).

Das publicações consideradas para o estudo, apenas cinco efetuaram levantamento

de apifauna com coleta sistemática ou armadilhas, os demais envolveram temas variados. E conforme apontado em outros estudos, envolvem pesquisadores nem sempre aptos a identificação (SILVEIRA et al., 2006; LIMA; SILVESTRE, 2017). Observamos que quase 45% dos registros dos espécimes foram identificados até gênero, tribo ou apenas subfamília. Assim também concordamos com outros estudos, que a identificação do material biológico ainda é uma dificuldade, não somente nos estudos envolvendo a apifauna necessitando do auxílio de taxonomistas (SILVEIRA et al., 2002; SIGRIST et al., 2016; LIMA; SILVESTRE, 2017).

Notamos que mais de 60% das publicações analisadas não estão disponibilizadas na base de dados da *Web of Science* ou no *Scielo* e mais de 25% dos estudos não menciona a localidade de coleta. Apenas alguns artigos informam o depósito do material testemunha em coleções (e.g. FRANCESCHINELLI et al., 2019). Tratam-se de contribuições importantes para o conhecimento da biodiversidade, assim como o depósito do material em coleções para formação do banco de dados (SILVEIRA et al., 2002; KILPATRICK et al., 2020).

Em uma atualização das espécies de abelhas que ocorrem na Pensilvânia, os autores apontam a importância deste tipo de estudo porque ajudam a preencher o desconhecimento da distribuição de espécies, classificações taxonômicas e biodiversidade de uma região (KILPATRICK et al., 2020). Além disso, o monitoramento de longo prazo permite conhecer a composição da comunidade e a dinâmica populacional ao longo do tempo, fornecendo dados para estabelecer estratégias e prioridades de conservação.

Ainda temos um conhecimento escasso diante da diversidade de abelhas do estado. Algumas perspectivas e novos direcionamentos incluem a formação de taxonomistas e revisão taxonômica do grupo (SILVEIRA et al., 2002); formação de recursos humanos e grupos de pesquisa; fomento para pesquisa e coleções biológicas (SIGRIST et al., 2016) e definição de protocolos de pesquisa que permitam replicação no espaço e no tempo.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, Mariana Eloy; DE MARCO, P. Pollination of *Byrsonima coccolobifolia*: short-distance isolation and possible causes for low fruit production. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 3, p. 709-717, 2011.

BALESTRA, Cristiane Libindo et al. Reproductive biology and pollination of two species of *Byrsonima* Kunth in a Cerrado fragment in Central Brazil. **Revista Biociências**, v. 20, n. 2, 2014.

BARONIO, G.; PIRES, A.C.V; AOKI, C. *Trigona branneri* (Hymenoptera: Apidae) as a collector of honeydew from *Aethalion reticulatum* (Hemiptera: Aethalionidae) on *Bauhinia forficata* (Fabaceae: Caesalpinioideae) in a Brazilian savanna. **Sociobiology**, v. 59, n. 2, p. 407-414, 2012.

BARROS, T. C.; MOREIRA, M. M.; CUSTODIO, T.; FARIA, L. B.; JESUS, E. M. Visitantes florais e morfologia das glândulas de óleo de *Pterandra pyroidea* A. Juss. (Malpighiaceae). In. VIANA, B. F.; SILVA, F. O. (Org). **Biologia e Ecologia da Polinização**, v. 3. Salvador: EDUFBA. 2014. p. 121-132. 2014.

- BATALHA-FILHO, Henrique et al. Geographic distribution and spatial differentiation in the color pattern of abdominal stripes of the Neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae). **Zoologia (Curitiba)**, v. 26, n. 2, p. 213-219, 2009.
- BATISTA, J.A.; PACHECO, M.F.J.; DOS SANTOS, M.L. Biologia reprodutiva de três espécies de *Byrsonima* Rich. Ex Kunth (Malpighiaceae) em um cerrado senso stricto no campus da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, Brasil. **Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology**, v. 2, n. 2, p. 109-122, 2005.
- BIESMEIJER, Jacobus C. et al. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science**, v. 313, n. 5785, p. 351-354, 2006.
- BOMFIM, Isac Gabriel Abrahão et al. Contribuição à filogenia de abelhas *Melipona* com uso de sequências parciais da região ITS1 do nrDNA. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.
- COELHO, C. P. et al. Reproductive biology of endemic *Solanum melissarum* Bohs (Solanaceae) and updating of its current geographic distribution as the basis for its conservation in the Brazilian Cerrado. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 4, p. 809-819, 2017.
- COELHO, C. P.; CARRIJO, D. Coleta de fragrâncias e mecanismo de fole na polinização de *Solanum melissarum* (solanaceae) em Jataí, GO. In. I Simpósio Brasileiro de Polinização. 2014. Araras, 2014. **Anais**. São Carlos: Editora Cubo, 2014.
- COSTA, L. F. X.; FREITAS, P. V. D. X.; FAQUINELLO, P. Avaliação da área de voo da abelha *Melipona rufiventris rufiventris* utilizando o método do teste alimentar. In. II Simpósio de pesquisa e extensão de Ceres e Vale de São Patrício, 2014, Ceres. **Anais**. Ceres. 2014.
- DESSI, M.C.; MIRANDA, E.A.; DEL-LAMA, M.A. How stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) colonize an area? A study case: the *Partamona cupira* populations (SMITH, 1863) in Cerrado areas. In. XI Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto. 2015. **Anais**. Ribeirão Preto: Moringa Comunicação LTDA, 2015.
- DIAS, B.F.S., RAW, A., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 1999. **São Paulo Declaration on Pollinators**. In: <http://www.biodiv.org/doc/ref/agr-pollinator-rpt-pdf>
- ENGEL, M.S.; RASMUSSEN, C.; GONZALEZ, V.H. 2020. **Bees**. In: STARR, C. (eds) Encyclopedia of Social Insects. Springer, Cham <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90306-4>
- ERENLER, Hilary E.; GILLMAN, Michael P.; OLLERTON, Jeff. Impact of extreme events on pollinator assemblages. **Current Opinion in Insect Science**, v. 38, p. 34-39, 2020.
- FERREIRA, G. A. et al. Biodiversidade de insetos em Pequiizeiro (*Caryocar brasiliense*, Camb.) no cerrado do Estado de Goiás, Brasil. **Agrociencia Uruguay**, v. 13, n. 2, p. 14-31, 2009.
- FRANCESCHINELLI, Edivani V. et al. Native bee fauna of tomato crops: a comparison of active sampling and pan trapping methods. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 109, 2019.



FRANCESCHINELLI, Edivani V. et al. Influence of landscape context on the abundance of native bee pollinators in tomato crops in Central Brazil. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, n. 4, p. 715-726, 2017.

FRANCESCHINELLI, Edivani Villaron et al. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, v. 11, 2013.

FREITAS, Paulo Vitor Divino Xavier et al. External activity of the stingless bee *Melipona fasciculata* (Smith) kept in the Brazilian Cerrado. **Journal of Apicultural Research**, p. 1-6, 2020.

FREITAS, R. F. **Diversidade e sazonalidade de abelhas Euglossini latreille (Hymenoptera: Apidae) em fitofisionomias do bioma Cerrado em Uberlândia, MG.** 2009. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009

GAGLIANONE, Maria Cristina et al. **Tomato pollination in Brazil.** In.: ROUBICK, D. W. (ed.) The pollination of cultivated plants: a compendium for practitioners, p. 238-247. 2018.

GRANDOLFO, Vanessa Athayde et al. Riqueza e Abundância de Abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em Parques Urbanos de Goiânia, Goiás. **EntomoBrasilis**, v. 6, n. 2, p. 126-131, 2013.

HALL, C. F.; KLEIN, V. L. G.; BARROS, F. biologia floral e reprodutiva de *Cyrtopodium eugenii* rchb. F. warm. (Orchidaceae). In. 60° Congresso Nacional de Botânica, 2008. Santana. **Anais**. Santana, 2008.

KILPATRICK, Shelby Kerrin et al. An updated checklist of the bees (Hymenoptera, Apoidea, Anthophila) of Pennsylvania, United States of America. **Journal of Hymenoptera Research**, v. 77, p. 1, 2020.

LANDER, Tonya. Network modelling, citizen science and targeted interventions to predict, monitor and reverse bee decline. **Plants, People, Planet**, v. 2, n. 2, p. 111-120, 2020.

LAURINO, Marilda Cortopassi; RIBEIRO, M F; NOGUEIRA-NETO, Paulo; ROSSO, J. M. L. Nidificação de abelhas sem ferrão em um cerrado de goiás. **Anais..** Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras/RP/USP/Departamento de Biologia, 2002.

LIMA; F. V. O, SILVESTRE; R. Abelhas (Hymenoptera, Apidae *sensu lato*) do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Zoológica**, V. 107. p. 1-14. 2017.

LUZ, D. R. **Filogenia molecular e filogeografia de *Schwarziana* Moure (Hymenoptera, Apidae).** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Área de Concentração em Entomologia, do Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MACHADO, Adriana de Oliveira et al. Breeding biology and distyly in *Palicourea rigida* HB & K.(Rubiaceae) in the Cerrados of Central Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 686-696, 2010.

MATIAS, Raphael et al. Floral resource availability of *Dicliptera squarrosa* (Acanthaceae) and its dependence on hummingbirds for fruit formation in a forest fragment of Central Brazil. **Plant Ecology and Evolution**, v. 152, n. 1, p. 68-77, 2019.

MELO, G. A. R. New species of the stingless bee genus *Schwarziana* (Hymenoptera, Apidae). **Revista**

**Brasileira de Entomologia**, v.59, p. 290-293. 2015.

MELO, G. A. R. Notas sobre meliponíneos neotropicais, com a descrição de três novas espécies (Hymenoptera, Apidae). **Apoidea Neotópica: Homenagem aos**, v. 90, p. 84-91, 2003.

MELO-SILVA, Carlos et al. Biologia reprodutiva de *L. leucocephala* (Lam.) R. de Wit (Fabaceae: Mimosoideae): sucesso de uma espécie invasora. **Neotropical Biology & Conservation**, v. 9, n. 2, 2014.

MESQUITA NETO, J. N. **Interação planta-polinizador em espécies sincronopátricas de *Psychotria* (Rubiaceae)**. 2013. 73f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

MESQUITA-NETO, José N. et al. Pollen flow and pollinator sharing among synchronopatric species of *Psychotria* (Rubiaceae). **Plant systematics and evolution**, v. 304, n. 8, p. 943-953, 2018.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. Baltimore, Johns Hopkins University Press. 953p. 2007

MORAIS, Joicy M. et al. Patterns of pollen flow in monomorphic enantiostylous species: the importance of floral morphology and pollinators' size. **Plant Systematics and Evolution**, v. 306, n. 2, p. 22, 2020.

MOURA, Rebecca Silva et al. Dano em *Khaya ivorensis* provocado por *Trigona spinipes* na savana brasileira. **Acta Brasiliensis**, v. 1, n. 1, p. 40-42, 2017.

MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. ed. **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region – online version**. 2012. Disponível em: <<http://www.moure.cria.org.br/catalogue>>Acessado em: 16.02.2018.

NEGREIROS, Aline B. et al. Microsatellite Marker Discovery in the Stingless Bee Uruçu-Amarela (*Melipona rufiventris* Group, Hymenoptera, Meliponini) for Population Genetic Analysis. **Insects**, v. 10, n. 12, p. 450, 2019.

NORMANDIN, E.; WIENS, D. Comparing traditional and strategic pan trapping effectiveness in assessing bee biodiversity in the Brazilian Cerrado. In: VIANA, B. F, SILVA, F. O. (Org). **Biologia e Ecologia da Polinização**. v. 3. Salvador: EDUFBA. 2014. p. 99-108. 2014.

OLIVEIRA, Rosana de Cássia et al. Genetic divergence in *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811 (Hymenoptera, Meliponinae, Trigonini) based on RAPD markers. **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, n. 2, p. 181-186, 2004.

PATRICIO, E. F. L. R. A. Geographic distribution and morphological and chemical aspects of three species of the *Frieseomelitta* group (Meliponinae, Apidae). In: IV Encontro sobre Abelhas, 2000. Ribeirão Preto, 2000. **Anais**. Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras / Departamento de Biologia / USP, 2000.

PEDRO, S.R.M.; CAMARGO, J.M.F. 1999. **Apoidea, Apiformes**. In: JOLY, C.A.; BICUDO, C.E.M.; BRANDÃO, C.R.F.; CANCELLO, E.M. eds. Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. Síntese do conhecimento ao final do século XX. Invertebrados Terrestres. São Paulo, FAPESP. vol. 5, p.193-211.

PEREIRA, J. O. P. et al. Genetic variability in *Melipona quinquefasciata* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) from northeastern Brazil determined using the first internal transcribed spacer (ITS1). **Genet**

**Mol Res**, v. 8, n. 2, p. 641-648, 2009.

PINTO, Nelson Silva et al. The size but not the symmetry of the wings of *Eulaema nigrita* Lepeletier (Apidae: Euglossini) is affected by human-disturbed landscapes in the Brazilian Cerrado Savanna. **Neotropical entomology**, v. 44, n. 5, p. 439-447, 2015.

PIRES, V. C. et al. Abelhas em áreas de cultivo de algodoeiro no Brasil. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Livros científicos (ALICE)**, 2014.

PIRES; V.C. et al. Communities of flower-visiting bees of *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) in different ecological domains and productions systems in Brazil. In. X ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 2012. Ribeirão Preto, 2012. **Anais**. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2012.

POTTS, Simon G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in ecology & evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

RAW, A. A new subgenus and three new species of leafcutter bees, *Megachile* (*Austrosarus*) (Hymenoptera, Megachilidae) from central Brazil. **Zootaxa**, Nova Zelândia, v. 1228, n. 25, p. 25- 34. 2006.

RODRIGUES, Ebenézer Barbosa et al. Heterostilia atípica em *Rourea induta* Planch.(Connaraceae) em uma área de cerrado sentido restrito no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás, Brasil. **Biologia e Ecologia da Polinização**, p. 109.

SÁ, Túlio et al. Floral biology, reciprocal herkogamy and breeding system in four *Psychotria* species (Rubiaceae) in Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 182, n. 3, p. 689-707, 2016.

SALOMÃO, T. M. F. et al. The first internal transcribed spacer (ITS-1) of *Melipona* species (Hymenoptera, Apidae, Meliponini): characterization and phylogenetic analysis. **Insectes Sociaux**, v. 52, n. 1, p. 11-18, 2005.

SANTIAGO, Leandro Rodrigues et al. The bee fauna from Parque Municipal da Cachoeirinha (Iporá, Goiás state, Brazil). **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 393-397, 2009.

SIGRIST, Maria Rosângela et al. Listagem da entomofauna antófila do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 107, p. 1-15, 2017.

SILVA NETO, C. M. **Biologia reprodutiva do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e influência das abelhas nativas na produção dos frutos**. 2013. 62 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

SILVA, D. P.; NOGUEIRA, D. S.; DE MARCO, P. Contrasting patterns in solitary and eusocial bees while responding to landscape features in the Brazilian Cerrado: a multiscaled perspective. **Neotropical entomology**, v. 46, n. 3, p. 264-274, 2017.

SILVA, Daniel P. et al. Amazonian species within the Cerrado savanna: new records and potential distribution for *Aglae caerulea* (Apidae: Euglossini). **Apidologie**, v. 44, n. 6, p. 673-683, 2013.

SILVA, Daniel Paiva; DE MARCO, P. No evidence of habitat loss affecting the orchid bees *Eulaema nigrita* Lepeletier and *Eufriesea auriceps* Friese (Apidae: Euglossini) in the Brazilian Cerrado Savanna. **Neotropical entomology**, v. 43, n. 6, p. 509-518, 2014.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação**. Editoração eletrônica, 1. ed. Belo Horizonte, 2002.

SILVEIRA, Fernando A. et al. Taxonomic constraints for the conservation and sustainable use of wild pollinators—the Brazilian wild bees. **Pollinating bees—the conservation link between agriculture and nature, Brasília, Ministry of Environment**, p. 41-50, 2006.

SOARES, S. M. N. A. et al. Biologia Floral, enantiostilia, sistema reprodutivo e potenciais polinizadores de *Callisthene minor* Mart. **Vochysiaceae), Chapada dos Veadeiros—Brazil. Biol Ecol Polinização**, v. 3, p. 89-97, 2012.

SOROYE, Peter; NEWBOLD, Tim; KERR, Jeremy. Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents. **Science**, v. 367, n. 6478, p. 685-688, 2020.

SOUZA, Camila S. et al. Temporal variation in plant–pollinator networks from seasonal tropical environments: higher specialization when resources are scarce. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 6, p. 2409-2420, 2018.

VIVALLO, Felipe. Two new Brazilian species of oil-collecting bees of the genus *Centris* (*Ptilotopus*) Klug (Hymenoptera: Apidae). **Revista Chilena de Entomología**, v. 45, n. 1, 2019.

VIVALLO; F, MELO; G. A. R. Taxonomy and geographic distribution of the species of *Centris* of the hyptidis group (Hymenoptera: Apidae: Centridini), with description of a new species from central Brazil. **Zootaxa** 2075, p. 33-44. 2009.

ZANELLA, Fernando César Vieira. Sistemática, filogenia e distribuição geográfica das espécies sul-americanas de *Centris* (*Paracentris*) Cameron, 1903 e de *Centris* (*Penthemisia*) Moure, 1950, incluindo uma análise filogenética do "grupo *Centris*" sensu Ayala, 1998 (Hymenoptera, Apoidea, Centridini). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 46, n. 4, p. 435-488, 2002.

ZATTARA, E.E.; AIZEN, M.A. Worldwide occurrence records reflect a global decline in bee species richness. **BioRxiv**. doi: <https://doi.org/10.1101/869784> 2020.

# CAPÍTULO 5

## FÁBRICA DE ABELHAS: ESTUDO DE CASO SOBRE UM SISTEMA DE CRIAÇÃO DE ABELHAS NATIVAS EM JARDIM DO SERIDÓ-RN

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 04/09/2020

### **Luana de Azevedo Dantas**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Coordenação de Agroecologia, Campus Picuí  
Picuí - Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/5949788127822358>

### **Francisco Roberto de Sousa Marques**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Coordenação de Agroecologia, Campus Picuí  
Picuí - Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/3785953276278589>

### **George Henrique Camêlo Guimarães**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido, Campus Picuí  
Picuí - Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/8136480607991190>

### **Igor Torres Reis**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Coordenação de Agroecologia, Campus Picuí  
Picuí - Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/5797918458474462>

### **José Márcio da Silva Vieira**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Coordenação de Agroecologia, Campus Picuí  
Picuí - Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/7395117021814272>

### **Frederico Campos Pereira**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Coordenação de Agroecologia, Campus Pedras de fogo  
Pedras de Fogo - Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/4661298979796861>

**RESUMO** - As abelhas apresentam grande importância ecológica e econômica, entretanto poucos estudos focam em medidas conservacionistas, principalmente para as abelhas nativas sem ferrão. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estudar um sistema de criação de abelhas nativas, denominado de Fábrica de Abelhas, no município de Jardim do Seridó-RN. A pesquisa fez uma sistematização da forma de criação, observando o manejo, a alimentação artificial e a multiplicação no meliponário JANDERMM. O método usado na pesquisa foi o Estudo de Caso, com apoio de ferramentas como a entrevista, a observação, o diário de campo e a revisão de literatura. O produtor possui um método de manejo em que aumenta a produtividade na multiplicação das colmeias, com marcas que chegam a 1:87, ou seja, a partir de uma colmeia o produtor consegue outras 87 novas. Nessa perspectiva, conclui-se que, as práticas empíricas sistematizadas no método Fábrica de Abelhas, do meliponário acima citado, apresenta resultados inéditos para o bem estar animal, para a produção de mel e, notadamente, na multiplicação de colmeias. Esse conjunto de contribuições ajudam na consolidação da meliponicultura como atividade promissora para geração de renda na agricultura

familiar e na conservação das abelhas nativas. Além do mais, fortalece a construção de uma forte agenda de pesquisa para diversas áreas: ambiência e bem-estar animal, nutrição e alimentação artificial de abelhas e no melhoramento genético. Pesquisas estas que podem ajudar na validação dos resultados empiricamente alcançados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Meliponicultura; abelhas sem ferrão, bem-estar animal, meio ambiente; conservação ambiental.

## BEE FACTORY: CASE STUDY ON A NATIVE BEE BREEDING SYSTEM ON JARDIM DO SERIDÓ - RN

**ABSTRACT:** Bees are of great ecological and economic importance, however few studies have focused on conservation measures, especially for native stingless bees. Thus, the objective of this work was to study a system of native bee breeding, called the Bee Factory, in the municipality of Jardim do Seridó-RN. The research systematized the form of creation, observing the handling, artificial feeding and multiplication in the JANDERMM meliponary. The method used in the research was the Case Study, with the support of tools such as the interview, the observation, the field diary and the literature review. The producer has a management method in which he increases the productivity in the multiplication of the hives, with marks that reach 1:87, that is, from a hive the producer obtains another 87 new ones. In this perspective, it is concluded that the empirical practices systematized in the Fábrica de Abelhas method, from the aforementioned meliponary, presents unprecedented results for animal welfare, for the production of honey and, notably, in the multiplication of hives. This set of contributions helps to consolidate meliponiculture as a promising activity for generating income in family farming and in the conservation of native bees. In addition, it strengthens the construction of a strong research agenda for several areas: ambience and animal welfare, nutrition and artificial feeding of bees and in genetic improvement. These researches can help in the validation of the empirically achieved results.

**KEYWORDS:** Meliponiculture; stingless bees, animal welfare, environment; Environmental conservation.

## 1 | INTRODUÇÃO

Meliponicultura é o conceito dado à criação de abelhas da subtribo *Meliponina*, também conhecida como abelhas indígenas ou abelhas sem ferrão (VENTURIERI et al., 2003). Esta é uma das poucas atividades no mundo que se encaixa nos quatro grandes eixos da sustentabilidade (geradora de impacto ambiental positivo, economicamente viável, socialmente aceita e culturalmente importante) pela proposta educacional que desempenha no convívio com a sociedade (FRANÇA, 2011). É uma atividade sustentável, ecologicamente correta, pois, as abelhas são parte integrante do nosso ecossistema e da biodiversidade mundial, atuando diretamente no trabalho de polinização das plantas. Portanto, criar estas abelhas significa atuar em sua preservação. Esta atividade se torna economicamente viável, pois o mel produzido pelas abelhas nativas é diferenciado e tem mercado garantido. O agricultor familiar, principalmente do Semiárido brasileiro, pode

tomar como prática econômica a criação de abelhas sem ferrão gerando renda e qualidade de vida para suas famílias (GOMES et al., 2019).

As abelhas brasileiras sem ferrão são responsáveis por 40 a 90 % da polinização das árvores nativas. O interesse pela criação de abelhas sem ferrão é justificado na maioria dos casos pelo uso nutricional e terapêutico do mel e pelo fato da sua comercialização promover um aumento da renda, além da atividade servir como fonte de lazer. Do ponto de vista biológico, a criação de abelhas também é importante porque esses insetos, ao coletarem pólen e néctar de flor em flor, promovem a polinização e, conseqüentemente, asseguram a perpetuação de milhares de plantas nativas e das exóticas cultivadas (KERR et al., 1996).

A meliponicultura se constitui numa atividade relevante para o campo de estudos da ciência agroecológica. A agroecologia tem sido difundida na América Latina e no Brasil em especial como sendo um padrão técnico-agronômico capaz de orientar as diferentes estratégias de desenvolvimento rural sustentável, avaliando as potencialidades dos sistemas agrícolas através de uma perspectiva social, econômica e ecológica.

“A Agroecologia emerge como uma disciplina que disponibiliza os princípios ecológicos básicos sobre como estudar, projetar e manejar agroecossistemas que sejam produtivos e ao mesmo tempo conservem os recursos naturais, assim como sejam culturalmente adaptados e social e economicamente viáveis (ALTIERI, 2012 p. 105)”.

Agroecologia deve ser entendida como uma ciência destinada a apoiar a transição dos atuais modelos de desenvolvimento rural e de agriculturas convencionais para estilos de desenvolvimento rural e de agriculturas sustentáveis, visando uma melhoria crescente e equilibrada dos aspectos que expressam os avanços positivos nas dimensões econômica, social, ecológica, política, cultural e ética da sustentabilidade (CAPORAL et al 2002). Por estes motivos, sistemas de criação que adotem técnicas agroecológicas para manutenção das abelhas sem ferrão devem ser estudados.

Neste contexto, analisando a necessidade de mudança para um novo paradigma, baseado nos princípios agroecológicos, não é possível entender a meliponicultura de uma forma simplória e atomística, isolada das outras atividades e dos serviços ambientais, com isso este trabalho tem como objetivo estudar um sistema de criação de abelhas sem ferrão do Seridó do Rio Grande do Norte, avaliando a forma de criação, manejo e multiplicação.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em Jardim do Seridó/RN, município brasileiro do interior do estado do Rio Grande do Norte. Localiza-se a sudoeste da capital do estado, distanciando desta 247 km. Ocupa uma área de 368,643 km<sup>2</sup> e sua população corresponde a 12.113 habitantes (IBGE, 2010). Sendo considerado o quadragésimo sétimo mais populoso do

estado. Localizado entre o Planalto da Borborema e a Chapada do Apodi, o município tem uma temperatura média anual de 27,5 °C e a caatinga é a vegetação predominante. Limita-se entre as cidades de Caicó, Parelhas, Carnaúba dos Dantas, São José do Seridó e Cruzeta.

A metodologia deste trabalho foi desenvolvida entre os meses de maio a agosto de 2019. Durante este espaço de tempo foram feitas visitas, entrevista com o meliponicultor Ezequiel (utilizaremos no decorrer do texto as iniciais ERMM (44 anos)), levantamento bibliográfico e observação. Mediante uma imersão no meliponário no período de 15/10/2019 a 19/10/2019, foi realizado a coleta de dados através de observação e anotações num diário de campo. Segundo Souza (2006): “O diário de campo, como recurso científico, articula-se a linha de pesquisa de natureza qualitativa, baseadas em documentos pessoais ou biografias, narrações autobiográficas e histórias de vida (KHAOULE et al, 2013, p. 279)”.

Como ferramenta de pesquisa foi usado também a entrevista, realizada com o uso da função gravador de um smartphone. A entrevista é crucial para a propagação do conhecimento, para o posicionamento da crítica e também para que sejam formuladas opiniões a respeito de algo, alguém ou de um fato Ribeiro (2008).

Finalmente, no presente artigo, optou-se pelo uso do estudo de caso como método principal de análise, cujo objetivo foi fazer uma descrição dos fenômenos de maneira global em seu contexto natural, aceitando o cenário nos quais se encontram e a totalidade como elementos básicos (YIN, 2010). Portanto, não houve durante a pesquisa nenhuma intervenção no meliponário que provocasse alteração no manejo, ambiência ou alimentação das abelhas. Fez-se uma descrição cujo objetivo foi apresentar à academia uma experiência inovadora na conservação e multiplicação das abelhas nativas, principalmente da abelha Jandaíra (*Melipona subnitida*).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Uma vida dedicada às abelhas nativas

O proprietário do meliponário, o senhor ERMM (44 anos), nascido em Caicó-RN, foi criado em Jardim do Seridó-RN, município situado a cerca de 240 km da capital do estado do Rio Grande do Norte, Natal. O senhor ERMM é filho de agricultores, o quarto entre cinco irmãos (três do sexo feminino e dois do sexo masculino).

Seu pai não possuía colmeias de abelhas nem interesse na sua criação. Ainda jovem ERMM (44 anos) já tinha o interesse por abelhas, com apenas cinco anos procurava enxames de ‘enxu’, também conhecida regionalmente como boca-torta, um tipo de vespa que produz pequena quantidade de mel e possui ferrão. Com essa idade ERMM não sabia da existência de abelhas sem ferrão e que poderiam ser criadas para produção de mel. Por volta de seis anos, soube da existência de abelhas jandaíra que eram criadas em cortiços para exploração do mel. Em 1981 ganhou sua primeira colmeia, um cortiço de jandaíra.



Por diversas vezes, pedia para abrirem a caixa apenas para observar o comportamento, estrutura e modo das abelhas. Por conta da sua pouca idade, ele não conseguia manusear a caixa e realizar operações simples como abrir e fechar a colmeia e sempre dependia de algum adulto para ajudá-lo.

Hoje em dia, aos 44 anos, ERMM reside em Jardim do Seridó – RN, onde está localizado seu meliponário, que recebe visitas de estudantes, de professores e do público em geral para conhecerem e se fascinarem ainda mais pelas abelhas. Atualmente o Meliponário se destina a produção de colmeias, que são comercializadas por todo o Brasil. A atividade ganhou grande visibilidade após ERMM (44 anos) participar do programa *The Wall* do Luciano Huck na TV Globo. Ele informa que depois da participação no programa, o número de seguidores da Fábrica de Abelhas nas redes sociais ultrapassou a marca de trinta mil pessoas. As vendas explodiram com pedidos vindos de todo Brasil e até de outros países. O entusiasmo com os lucros fez com que ERMM (44 anos) revelasse seus projetos para o futuro:

“Queremos fazer um centro de produção. Fazer filiais. Uma na região da Mata Atlântica, uma na região do Cerrado e quem sabe, uma na região da Amazônia. Nós queremos multiplicar as abelhas em todos os biomas brasileiros de todos os ecossistemas. Se as abelhas estão sumindo, a Fábrica de Abelhas quer multiplicá-las” (ERMM, 44 anos).

### 3.2 Organização estrutural do meliponário

O meliponário JANDERMM é constituído em cinco espaços, denominados: Floresta, Caminho da Vida (Túnel), Capela do Mel, Praça dos Quatro Elementos e Criação e Destruição, que podem ser observados na figura 1. A Floresta é a parte que tem muitas plantas trepadeiras e com ramas pois o objetivo é que com o passar dos anos a área fique totalmente fechada, se tornando uma minifloresta, também podendo ser utilizada como pasto para as abelhas. O Caminho da Vida é um túnel no meio do meliponário onde podem ser lidas palavras motivacionais que, segundo ERMM, são fundamentais para a vida, o próprio nome foi criado por esse significado. A Capela do mel é onde o proprietário recebe seus convidados para degustação de seus produtos. A Praça dos Quatro Elementos é onde a maioria das colmeias estão localizadas, também é onde se faz a alimentação artificial das abelhas e as apresentações do proprietário, quando recebe as visitas. Na Praça dos Quatro Elementos, a ornamentação é com os elementos naturais (terra, fogo, água e ar). O último espaço é o da Criação e Destruição o nome é dado porque uma parte representa a criação que natureza proporciona ao ambiente e destruição porque o homem destrói para construir.



Figura 1: Organização estrutural e denominações temáticas do meliponário JANDERMM, onde se observa 'Floresta' (A); 'Caminho da vida', túnel de entrada (B); 'Capela do mel' (C); 'Praça dos quatro elementos' (D) e 'Criação e destruição' (E), localizado no município de Jardim do Seridó – RN. Fonte: Luana de Azevedo Dantas (2019).

### 3.3 Manejo das abelhas sem ferrão

O manejo no meliponário JANDERMM é de suma importância para todos os seus resultados de produtividade. O cuidado com o bem-estar das abelhas é prioridade, todo o sistema de interação entre plantas e abelhas que foi desenvolvido em um pequeno espaço de 200 m<sup>2</sup>. ERMM montou seu projeto através de técnicas de manejo e criação de sistemas específicos, como a forma de multiplicação e a caixa viva, que serão apresentados a seguir.

O crescimento do meliponário só foi possível devido a dedicação com a atividade. O estudo constante sobre abelhas, principalmente as sem ferrão. ERMM foi crescendo, lendo, aprendendo um pouco mais sobre as abelhas, sobre a multiplicação das colmeias e técnicas de manejo, como afirma abaixo:

"Fui melhorando, aperfeiçoando as caixas, vendo a questão dos parafusos e tudo mais, todo o processo de colher mel, essas coisas, aí fui melhorando tanto a questão da abelha em si como equipamentos para melhorar a vida da abelha e a minha também porque abrir parafuso não é moleza. Aí fui inventando novas colmeias, equipamentos e assim de um tempo para cá,

esses 7 anos consecutivos de seca sem produção de mel, me fez partir mais para a questão da multiplicação tentar melhorar, aumentar, porque venda de colmeias sempre tem venda, já a venda de mel nem sempre, já que as abelhas não estavam dando mel por questão de falta de chuva, então escolhi vender colmeia, mas como eu ia vender colmeias com esse método de 1:2, você não tinha nem como saber se aquela família era boa mesmo, porque no tempo era muito difícil e rápido.” (ERMM, 44 anos)

Na fala acima, ERMM (44 anos) traz a informação sobre a principal atividade do meliponário, a venda de colmeias, e fala de uma de suas várias invenções: a caixa viva. Caixa viva é uma estrutura em que se adiciona uma peça para umidificar o interior da caixa, conforme pode ser observado na Figura 2, que é utilizada exclusivamente para a abelha Jandaíra. A caixa viva consiste em duas caixas sobrepostas de 40 cm. Contém uma peça de cerâmica que tem um sistema de umidificação seguindo o princípio da gravidade e a capilaridade, assim fazendo com que a caixa permaneça sempre úmida (a sensação que as abelhas sentem em uma árvore viva), causando um bem-estar animal, melhor qualidade de vida e aumento da produtividade. O esquema da caixa pode ser visto no desenho da figura 3.

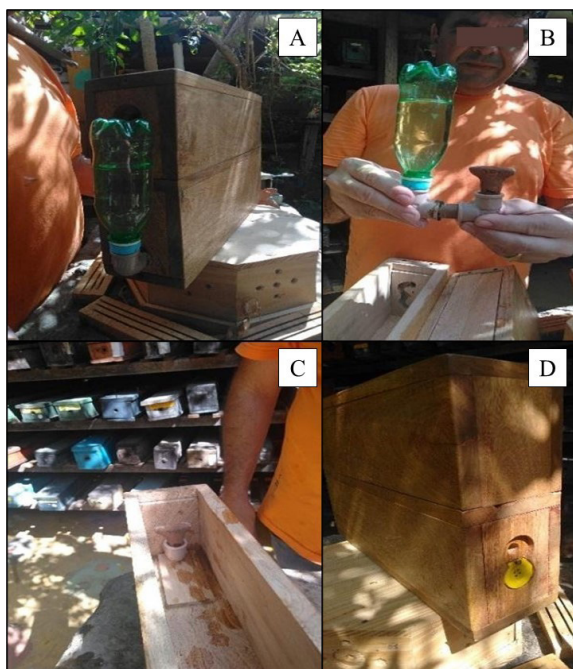


Figura 2: Caixa viva, onde se observa a vista de reservatório de água na parte posterior da caixa (A); vista do sistema de tubo entre o reservatório de água e a peça de cerâmica (B); vista interna da caixa, com a peça de cerâmica acoplada (C) e vista da caixa viva fechada (D) meliponário JANDERMM, localizado no município de Jardim do Seridó – RN. Fonte: Luana de Azevedo Dantas (2019).

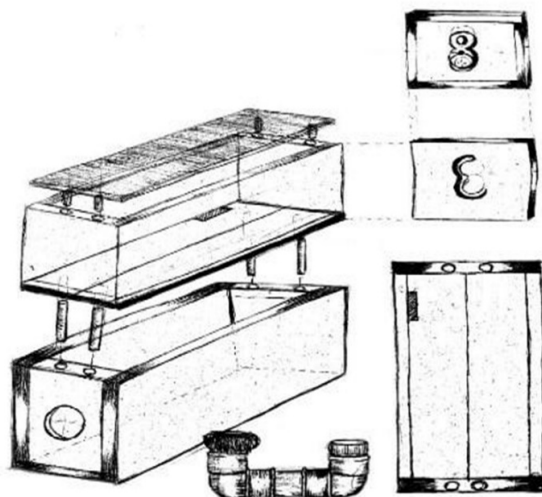


Figura 3: Desenho esquemático feito a mão para ilustrar como é a montagem da caixa viva caixa viva.

Fonte: Luana de Azevedo Dantas (2019).

No período da manhã, é realizada a alimentação artificial coletiva das abelhas e é possível observar uma grande movimentação durante esse turno, como se as abelhas já soubessem o local que sempre é colocado a alimentação artificial. A alimentação consiste em uma solução composta por 50% de água e 50% de mel, essa alimentação artificial pode favorecer a produção de mel, associado a uma boa florada, típica dos períodos chuvosos.

“Eu comecei a alimentar e ver como é que se processava toda a questão e teve um ano excepcional que choveu e que a média da produção foi dois litros e meio por colmeia. E já deu um aumento! Teve colmeia com três litros e outras chegaram a 4 litros. Mas aí no meio disso tudo teve uma única, na época eu tinha 80 caixas, uma única jandaíra que deu cinco litros e meio de mel. Então essa já quebrou todos os paradigmas, pois antes só era possível um litro de mel por colmeia.” (ERMM, 44 anos)

O município de Jardim do Seridó é localizado na região semiárida e possui temperaturas elevadas durante quase todo o ano. A formação de estruturas que favoreçam o conforto térmico propicia a melhor adaptação das abelhas e conseqüentemente aumento da produção. A utilização da ‘Caixa viva’ ajuda na umidificação da colônia e possibilita conforto térmico para as abelhas.

Outra estratégia de manejo utilizada é a limpeza e coleta dos resíduos vegetais dos espaços do meliponário. Todas as folhas coletadas no dia são utilizadas em um pequeno minhocário e o composto produzido é usado para adubação das próprias plantas que

servem como pasto para as abelhas.

### 3.4 Multiplicação das abelhas sem ferrão

Com o passar do tempo a multiplicação das colmeias se tornou a principal atividade do meliponário JANDERMM, de modo a construir o conceito de *Fábrica de Abelhas*, o proprietário afirma que a partir de uma caixa de abelha ele consegue obter até 87 novas colmeias, essa proporção geralmente é de 1:2, vale salientar que não se encontra na literatura. A multiplicação de enxames de abelhas sem ferrão não pode ser limitada, apenas a transferência do ninho para uma colmeia ou captura de enxames (COLETTTO-SILVA, 2005). A multiplicação racional de enxames pode ser uma técnica, que, se bem empregada, trará muitos benefícios econômicos e ambientais.

“A abelha matriz boa é que vai gerar multiplicações excelentes junto com condições excelentes (alimentação e cuidados), basicamente isso alimentação e cuidado com a matriz, que vão gerar essas multiplicações. Então fui vendo essa questão de seleção das melhores caixas. As caixas que produziam mais mel, exemplo de uma que consegui cinco litros e meio. Então comecei a trabalhar em cima dessa colmeia, multiplicar sempre as melhores, que deram maior rendimento, foi onde se deu o melhoramento daqui (ERMM, 44 anos)”

Com isso ele foi fazendo a comparação das produções das suas colmeias e percebeu que cada vez mais obtinha resultados positivos. A média da produção de mel, que com o passar dos anos foi aumentando, comprovou a questão da escolha das colmeias mais saudáveis e maiores. O principal fator que influenciou no aumento da produtividade das colmeias foi o cuidado com o bem-estar animal, favorecendo as condições adequadas para o desenvolvimento das abelhas. As condições em que as colmeias estão inseridas influenciam na produção de mel e na multiplicação delas mesmas (VENTURIERI et al., 2003).

Em relação ao bem-estar animal, ERMM afirma:

“Eu pensei se teve uma colmeia que deu cinco litros e meio e produziu 5 vezes mais, porque não pode ter uma colmeia que produza *num* sei quantas família por ano. Então fui lá, e ver qual a condição para isso, o que posso fazer para isso acontecer, aí fui dando as condições e fazendo as multiplicações. E ainda tem a questão do tipo, essas coisas só dá certo com a meliponas, que são mais parecidas. Já nas trigonas a aversão é enorme, tem abelha mais agressiva, abelha que responde muito bem, tem abelha que não responde a manejo, como a moça branca, tem que deixar ela se multiplicar sozinha, a interferência nela é muito negativa, tem que ser muito cuidadoso sabe, talvez seja mais fácil você dar condições em termos de alimentação, de bem-estar e deixar ela se multiplicar sozinha do que você dando condições e tentar multiplicar, aí você terá sucesso.” (ERMM, 44 anos)

Segundo a literatura, a produção em grande escala de colmeias é um fator limitante, pois essas abelhas tem baixa taxa de reprodução natural e as técnicas de manejo são ainda

pouco padronizadas. Atualmente existem vários métodos que podem ser empregados na divisão de colônias (KERR et al., 1996) e todos eles se baseiam na formação de apenas uma colônia filha a partir de uma colônia forte. Assim, considerando um período de recuperação de três meses para a colônia mãe, no máximo quatro colônias-filhas podem ser formadas em um ano e nem sempre todas conseguem sobreviver (KERR et al., 1996). Dependendo da espécie e das condições ambientais esse número pode ser ainda menor.

Prado (2010), em suas pesquisas, desenvolveu um método de multiplicação de rainhas *in vitro* relativamente significativo em relação aos métodos tradicionais. Ele conseguiu formar uma colônia de *Tetragonisca angustula* com rainha produzida *in vitro*; Baptistella (2009) formou seis colônias de *Frieseomelitta varians* com rainhas *in vitro*; e Menezes (2010) conseguiu a formação de 5 colônias de *Nannotrigona testaceicornis* e 16 de *Scaptotrigona depilis* com rainhas *in vitro*.

O novo método de multiplicação desenvolvido possui um potencial significativo em relação aos métodos tradicionais, pois seis colônias de *T. angustula* produziram 16 colônias-filha, em período relativamente curto, seis meses. Utilizando métodos tradicionais, cada colônia mãe usada no experimento poderia formar no máximo duas colônias filhas no mesmo período. Portanto, as seis colônias mães gerariam 12 filhas com os métodos tradicionais. Esse número é inferior ao número de colônias obtidas com o novo método (16 colônias-filhas), o que já representa um ganho de 33% de produtividade (PRADO 2010). Como se pode perceber, mesmo com técnicas avançadas de laboratório, só tinha sido possível a multiplicação de 1:16. Na “Fabrica de Abelhas” esse número chega a 1:87, segundo seu proprietário, usando-se um método natural, privilegiando-se o manejo com alimentação artificial e cuidados com o bem estar animal.

## 4 | CONCLUSÃO

Após realizar o estudo no meliponário JANDERMM, foi possível observar as contribuições que ele traz para a conservação das abelhas nativas, em especial para a abelha Jandaíra. As inovações tecnológicas desenvolvidas por ERMM mostram que o conhecimento empírico junto a observações pode trazer resultados satisfatórios, incrementando o manejo correto das abelhas e proporcionando o bem-estar animal dessas espécies.

Com os métodos e conceitos desenvolvidos no meliponário JANDERMM, espera-se que a divulgação desse trabalho em meios científicos seja uma forma de favorecer a meliponicultura, e fortalecer a cadeia produtiva de mel de abelhas sem ferrão.

Métodos desenvolvidos como a *caixa viva* e a multiplicação das colmeias pode influenciar no crescimento e difusão da meliponicultura, abrindo uma ampla frente de pesquisas nas áreas de genética, nutrição artificial de abelhas e ambiência.

Novos investimentos de pesquisa na meliponicultura se fazem urgentes, tendo em



vista a relevância que esta atividade tem na prestação de serviços ambientais, como fonte de geração de renda para agricultores familiares e até como opção de lazer. A conservação das abelhas sem ferrão ajuda também na proteção do meio ambiente e de sua vegetação nativa.

## REFERÊNCIAS

ALTIERI, Miguel. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável / Miguel Altieri.--3.ed. Rev.ampl. - São Paulo, Rio de Janeiro : Expressão Popular, AS-PTA 2012. 400 p.:il. Graf.tabs.

BAPTISTELLA, A. R. T. O. 2009. Produção “*in vitro*” de rainhas e ocorrência natural de machos de *Frieseomelitta varia* (Apidae: Meliponina). Dissertação de Mestrado, USP, Ribeirão Preto, 70pp.

CAPORAL, F.R.; COSTABEBER, J.A. **Agroecologia: enfoque científico e estratégico. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, RS. v.3, n.2, p.1316. 2002.

COLETTI-SILVA, A. Captura de enxames de abelhas sem ferrão (*Hymenoptera, Apidae, Meliponinae*) sem destruição de árvores. **Acta Amazonica**. VOL. 35(3): 383 – 388. 2005.

FRANÇA, Kalhil Pereira. **Meliponicultura: Legal ou clandestina?** Meliponário do Sertão. Mossoró RN. <http://meliponariodosertao.blogspot.com/2011/08/meliponiculturallegal-ou-clandestina.html>. Acesso em: 03 Jan 2020.

GOMES, C. L. S.; MELO, D. A.; GONÇALVES, J. J.; GUIMARÃES, G. H. C.; GOMES, I. G. L.; CUNHA, A. L. Implantação do meliponário como componente agroflorestal no campus Picuí, Paraíba. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 9, n.7, e-6704, 2019.

GOZZER, Rafaela. **Dupla que saiu zerada do ‘The Wall’ conta que dobrou faturamento do negócio após programa**. Gshow, Rio de Janeiro, 22 de janeiro de 2020. Disponível em: <<https://gshow.globo.com/programas/caldeirao-do-huck/the-wall/noticia/dupla-que-saiu-zerada-do-the-wall-Conta-que-dobrou-faturamento-do-negocio-apos-programa.ghtml>>. Acesso em: 03 de setembro de 2020.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. Abelha Uruçu : Biologia, Manejo e Conservação – Belo Horizonte-MG: **Fundação Acangaú**, 1996. 144 p.: il., (Coleção Manejo da vida silvestre; 2).

KHAOULE, A. M. K. / **Diário de Campo como possibilidade de pesquisa** / Anais do III Simpósio Nacional de História da UEG / Iporá – Goiás / agosto de 2013 / p. 271 a 282.

MENEZES, C. 2010. **A produção de rainhas e a multiplicação de colônias em *Scaptotrigona aff. depilis* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. Tese de Doutorado, USP, Ribeirão Preto, pág 97.

PRATO, M. **Ocorrência natural de sexuais, produção in vitro de rainhas e multiplicação de colônias em *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. 2010. 114 pp. Dissertação de Mestrado (Entomologia). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

Preservação e uso da Caatinga / Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa SemiÁrido. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2007. Pág39: il. – **(ABC da Agricultura Familiar, 16)**. Pág 7-19

RIBEIRO, Elisa Antônia. A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa. **Evidência: olhares e pesquisa em saberes educacionais**, Araxá/MG, n. 04, p.129-148, maio de 2008.

VENTURIERI, G. C.; RAIOL, V.F. O.; PEREIRA, C. A. B. Avaliação da introdução da criação racional de *Melipona fasciculata* (apidae: meliponina), entre os agricultores familiares de bragança - PA, Brasil. **Biota Neotropica**, v3 (n2). 2003.



# CAPÍTULO 6

## TAXONOMIA HISTÓRICA DE *NOGUEIRAPIS* MOURE, 1953, *SCAURA* SCHWARZ, 1938, *TETRAGONA* LEPELETIER & SERVILLE, 1828 E *TRIGONA* JURINE, 1807 (APIDAE: MELIPONINI)

Data de aceite: 01/10/2020

Data da submissão: 07/06/2020

### David Silva Nogueira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM).

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Coordenação de Biodiversidade. São Gabriel da Cachoeira/Manaus – Amazonas.

<https://orcid.org/0000-0003-2045-0191>.

### Cristiano Feitosa Ribeiro

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Coordenação de Biodiversidade.

Manaus – Amazonas.

<https://orcid.org/0000-0002-8831-8800>.

### Marcio Luiz de Oliveira

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Coordenação de Biodiversidade.

Manaus – Amazonas.

<https://orcid.org/0000-0002-3950-1086>.

**RESUMO:** As abelhas “sem ferrão” (Apidae: Meliponini) passaram por vários tipos de classificação, como grupos artificiais de gêneros, além de que, enquanto uns autores eram mais conservadores em manter poucos gêneros nesse nível taxonômico, e alocando outros táxons como subgêneros, outros autores preferiram tratar de todos como nível genérico. No presente estudo temos uma revisão da história da taxonomia de quatro gêneros de abelhas sem ferrão: *Nogueirapis*, *Scaura*, *Tetragona* e *Trigona*, com

a caracterização dos grupos de espécies em *Tetragona* e *Trigona*, bem como atualização da ocorrência geográfica desses grupos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Abelha sem ferrão; Morfologia; Grupo de espécies; Estrutura.

### HISTORICAL TAXONOMY OF *NOGUEIRAPIS* MOURE, 1953, *SCAURA* SCHWARZ, 1938, *TETRAGONA* LEPELETIER & SERVILLE, 1828 E *TRIGONA* JURINE, 1807 (APIDAE: MELIPONINI)

**ABSTRACT:** The stingless bees (Apidae: Meliponini) went through several types of classification, such as artificial groups of genera, besides that, while some authors were more conservative in keeping few genera at this taxonomic level, and allocating other taxa as subgenera, others authors preferred to treat everyone as a generic level. In the present study we have a review of the historical taxonomy of four genera of stingless bees: *Nogueirapis*, *Scaura*, *Tetragona* and *Trigona*, with the characterization of the groups of species in *Tetragona* and *Trigona*, as well as an update on the geographical occurrence of these groups.

**KEYWORDS:** Stingless bee; Morphology; Species group; Structure.

## 1 | AS ABELHAS “SEM FERRÃO”

As abelhas “sem ferrão” (Apidae: Meliponini), na verdade, possuem o ferrão atrofiado, impossibilitando seu uso defensivo. Possuem distribuição natural nas zonas tropicais e subtropicais do planeta, estando

presentes principalmente na região Neotropical (ROUBIK, 1989, CAMARGO; PEDRO, 2013). Existe uma grande diversidade de espécies, e muitas delas crípticas, o que dificulta uma aproximação do número real (MICHENER, 1990). Embora algumas espécies sejam pilhadoras, todas as espécies são eussociais, ou seja, possuem um alto nível de organização na colônia (MICHENER, 1990). Os Meliponini apresentam hábitos de nidificação diferentes, em que utilizam vários substratos para a construção dos ninhos, mas, de maneira geral, seus ninhos são construídos em cavidades preexistentes, embora algumas espécies construam seus ninhos expostos (SILVEIRA et al., 2002; RASMUSSEN; CAMARGO, 2008).

Essas abelhas foram divididas morfológicamente em três grupos artificiais de gêneros: “Hypotrigona”, “Tetragonisca-Tetragona” e “Plebeia” (MOURE, 1951; CAMARGO; PEDRO, 1992). O grupo Hypotrigona é caracterizado pela redução do tamanho do corpo de seus representantes (MOURE, 1961), amplo espaço malar e angulação aproximadamente reta na célula submarginal (MICHENER, 1990). O grupo Plebeia possui como principal característica diagnóstica uma área de quirotríquia alargada na face interna da metatíbia com uma estreita margem posterior glabra, podendo ter uma depressão ou não (MOURE, 1951). Já o grupo Tetragonisca-Tetragona possui uma área de quirotríquia mediana e longitudinal na face interna da metatíbia, com uma depressão no bordo posterior, sendo essa região glabra ou com cerdas esparsas (MICHENER, 1990). Pelas características morfológicas descritas por Moure (1951), o grupo Plebeia inclui gêneros como *Nogueirapis* Moure, 1953 e *Scaura* Schwarz, 1938, enquanto o grupo Tetragonisca-Tetragona inclui *Tetragona* Lepelletier & Serville, 1828 e *Trigona* Jurine, 1807.

Mas com o uso de marcadores moleculares em filogenias na tentativa de entender as relações entre gêneros de Meliponini, Rasmussen e Cameron (2010) estudaram uma grande quantidade de espécies e encontraram uma relação diferente dos grupos artificiais propostos anteriormente, pois recuperaram a monofilia das abelhas sem ferrão para o Neotrópico, sendo *Melipona* lliger, 1806 grupo irmão de todos os outros gêneros.

## 2 | **NOGUEIRAPIS MOURE, 1953**

O gênero *Nogueirapis* foi descrito por Moure (1953) como um subgênero de *Partamona* Schwarz, 1939 apenas com *P. (N.) butteli* (Friese, 1900). Wille (1962) revisou *Nogueirapis* como um subgênero de *Trigona* Jurine, 1807 e já Michener (1990), o tratou como um subgênero de *Plebeia* Schwarz, 1938, mesmo que Moure (1953) tivesse chamado atenção ao caráter rebaixado da face interna da metatíbia que ocorre em *Plebeia* e não ocorre em *Nogueirapis*.

Finalmente, *Nogueirapis* foi considerado um gênero independente por Camargo e Pedro (1992) e mantido por Michener (2000). Atualmente, inclui quatro espécies *N. butteli* (Friese, 1900), *N. costaricana* Ayala & Engel, 2014, *N. mirandula* (Cockerell, 1917), *N. minor* (Moure & Camargo, 1982), e mais duas espécies novas (Nogueira et. al. *in prep.*).

Embora *Nogueirapis* tenha sido considerado um subgênero da *Plebeia*, estudos morfológicos e sistemáticos mostram sua proximidade com *Partamona* e *Parapartamona* (MOURE, 1953, 1962; WILLE, 1979; SILVEIRA et al., 2002; RASMUSSEN; CAMERON, 2010). Em geral, suas espécies possuem representantes pequenos, com cinco milímetros ou menos de comprimento; com manchas amareladas nas áreas paraoculares justapostas aos olhos compostos, espaço malar menor que metade do diâmetro do flagelo e a superfície ventral da metatíbia não tem a margem posterior claramente deprimida.

Wille (1964) descreveu a forma melânica de *N. mirandula* (que são abelhas com coloração mais escura em relação às formas mais comuns amareladas), Nogueira et al. (submetido na Zootaxa), contudo, consideram os caracteres descritos por Wille fortes o suficiente e sugerem que ele tenha descrito uma espécie distinta, assim como descrevem caracteres similares em outra espécie nova, como a pontuação microrreticulada com aspecto rugoso na cabeça, além da coloração escura. Os autores, inclusive discutiram isso ao descreverem essa espécie nova amazônica, justificando que a mesma não se trataria de uma população melânica para as espécies amareladas amazônicas (*N. butteli*, *N. minor* ou *Nogueirapis* sp. nov.).

### 3 | SCAURA SCHWARZ, 1938

*Scaura* Schwarz, 1938 é um gênero neotropical de abelhas sem ferrão pouco diversificado e amplamente distribuído. Com registros de ocorrência desde Veracruz (México), até Paraná (Brasil). Segundo Silveira et al. (2002), consiste em abelhas com operárias, em geral, pequenas e escuras, com metabasitarso tão largo quanto ou mais largo que a metatíbia, área da gena em vista lateral mais estreita que o olho e com espaço malar mais curto que o diâmetro do flagelo. Conforme Oliveira et al. (2013), podem ser divididas em dois grupos de espécies de acordo com a forma de seu metassoma: subtriangular (*S. amazonica* Nogueira, Oliveira & Oliveira, 2019, *S. argyrea* (Cockerell, 1912), *S. aspera* Nogueira & Oliveira, 2019, *S. atlantica* Melo, 2004 e *S. cearensis* Nogueira, Santos Júnior & Oliveira, 2019) e alongado (*S. latitarsis* (Friese, 1900) e *S. longula* (Lepelletier, 1836)). Esse caráter é de grande importância para o estabelecimento das relações filogenéticas do gênero, pois os agrupam em clados irmãos (RASMUSSEN; CAMERON, 2010; YAMADA, 2010, NOGUEIRA, 2016).

O nome "*Scaura*", segundo Schwarz (1938), foi escolhido pelo Dr. F. E. Lutz, e que tem como significado "tornozelos inchados". Esta é uma forte característica do gênero, pois possui o metabasitarso mais alargado até mesmo que a metatíbia. *Scaura* tem como espécie tipo *Trigona latitarsis* Friese, 1900, tendo sido descritos sucintamente uma operária e um macho, ambos com paradeiro desconhecido. Friese (1900) cita ainda três operárias e três machos provenientes de São Paulo (Brasil) e Suriname, além de alguns machos de São Paulo que, segundo descrição original, estão depositados no Museu de

História Natural da Hungria (HNHM). Melo e Costa (2004) designaram uma fêmea operária oriunda do Museu de História Natural de Berlim, Alemanha (ZMB) como lectótipo de *Scaura latitarsis*. Essa operária é oriunda de Jundiá, São Paulo e foi coletada por Schrottky em 1899 (CAMARGO; PEDRO, 2013). Mas Nogueira et al. (2017) invalidaram o lectótipo de *S. latitarsis* proposto por Melo e Costa (2004), pois analisaram a série original do HNHM e perceberam, pelas etiquetas citadas por Friese (1900) que só haviam abelhas com metassoma alongado (antiga *Scaura tenuis* (Ducke, 1916)) e com registros de ocorrência somente para a Amazônia brasileira (São Paulo de Olivença, Amazonas), diferentemente da operária designada anteriormente, que havia sido coletada em Jundiá (São Paulo). Logo, esses autores designaram um novo lectótipo, sinonimizando assim, por ordem de prioridade, *S. tenuis* sob *S. latitarsis*.

Schwarz (1938) propôs *Scaura* como um subgênero monotípico de *Trigona* Jurine, 1807, com a espécie *T. latitarsis* Friese, 1900. Mais tarde, Schwarz (1948) revisou esse subgênero e adicionou a espécie *Trigona (Scaura) longula* (Lepelletier, 1836), esta última com duas variedades: *T. (S.) longula longula* e *T. (S.) longula tenuis* (Ducke 1916). Embora *Scaura* também seja citado como um subgênero de *Plebeia* (AYALA, 1999; MICHENER, 2007), existem características morfológicas que as separam em dois grupos distintos (SCHWARZ, 1938; MOURE, 1961; NOGUEIRA, 2016), mesmo que o gênero tenha sido recuperado como parafilético (COSTA et al., 2003; RAMUSSEN; CAMERON, 2010; YAMADA, 2010), tendo as duas espécies de *Schwarzula* mais próximas das espécies de *Scaura* com metassoma subtriangular, distanciando assim, *Scaura longula* e *S. latitarsis* das demais *Scaura*. Moure (1944) cita *Scaura* como um gênero válido composto por *S. latitarsis*, *S. crassipes* (Fabricius, 1793), *S. crassipes tenuis* (Ducke, 1916) e *S. timida*, porém mais tarde Moure (1946) propõe *Schwarzula* como um novo gênero independente apenas com *S. timida* (SILVESTRI, 1902). Logo depois Moure (1951), realoca *Schwarzula* como subgênero de *Scaura* apesar de existirem algumas diferenças como a presença de dois dentes na mandíbula, espaço malar igual ou levemente maior que o diâmetro do flagelo, metabasitarso mais estreito que a metatíbia. *Schwarzula* é realocado como gênero monotípico a partir de Camargo e Moure (1988).

Camargo e Pedro (2013) consideraram *Scaura* com cinco espécies: *S. longula*, *S. latitarsis*, *S. tenuis*, *S. argyrea* e *S. atlantica*, mas, além da sinonimização de *S. tenuis*, Nogueira et al. (2019) revisaram o gênero e descreveram três novas espécies. Assim, são consideradas válidas sete espécies para o gênero: *S. latitarsis* (Friese, 1900), *S. longula* (Lepelletier, 1836), *S. argyrea* (Cockerell, 1912), *S. atlantica* Melo, 2004, *S. amazonica* Nogueira, Oliveira & Oliveira, 2019, *S. aspera* Nogueira & Oliveira, 2019 e *S. cearensis* Nogueira, Santos Júnior & Oliveira, 2019.

#### 4 I **TETRAGONA** LEPELETIER & SERVILLE, 1828

*Tetragona* foi descrito, inicialmente como um subgênero de *Trigona* Jurine, 1807, tendo como espécie-tipo *Trigona (Tetragona) elongata* Lepeletier & Serville, 1828 (= *Centris clavipes* Fabricius, 1804). Lepeletier (1836) considerou as “abelhas sem ferrão” como pertencentes ao gênero *Melipona* Illiger, 1806, tendo o subgênero *M. (Tetragona)*, apenas com *M. (T.) elongata*. Smith (1854) adicionou *Trigona dorsalis* como parte de *T. (Tetragona)*, e logo depois foram descritas *T. handlirschii* Friese, 1900, a subespécie *T. zieglerei mayarum* Cockerell, 1912 e *T. perangulata* Cockerell, 1917. Na descrição dessa última, Cockerell (1917) deixou claro que havia certa dúvida em relação a uma possível confusão com *T. clavipes*. Schwarz (1932; 1938; 1940) considerou oito espécies como sendo pertencentes à *T. (Tetragona)*, sendo que quatro delas pertenceriam, mais tarde, à *Frieseomelitta* Ihering, 1912. Apenas com Moure (1971) é que foi iniciado o tratamento de *Tetragona* como um gênero composto por dez espécies: *T. truncata* Moure, 1971, *T. clavipes* (Fabricius, 1804), *T. quadrangula* (Lepeletier, 1836), *T. dorsalis* (Smith, 1854), *T. beebei* (Schwarz, 1938), *T. goettei* (Friese, 1900), *T. zieglerei* (Friese, 1900), *T. handlirschii* (Friese, 1900), *T. kaieteurensis* (Schwarz, 1938) e *T. perangulata* (Cockerell, 1917). Mais tarde, Moure (2000), descreve mais duas espécies *T. trigonospila* Moure, 2000, e *T. dissecta* Moure, 2000, mas Camargo e Pedro (2007) sinonimizaram *T. trigonospila* sob *T. kaieteurensis*. Camargo e Pedro (2013) consideram o gênero com treze espécies, mas, Pedro (2014) revalidou *T. elongata*, que antes era um sinônimo júnior de *T. clavipes*. Atualmente, o gênero é composto por 14 espécies válidas, porém, esse número é subestimado, uma vez que não há revisão de todas as suas espécies.

As espécies de *Tetragona* possuem registros de ocorrência desde o sul do México até o Uruguai (CAMARGO; PEDRO, 2013), com uma aparente sobreposição de espécies de acordo com a localidade. Sabe-se que os rios ou serras podem servir de barreiras geográficas para muitas espécies (RIBAS et al., 2012; BOUBLI et al., 2015), mas para *T. dorsalis*, por exemplo, que ocorre principalmente na Amazônia, também possui registros de ocorrência para o estado do Ceará, ultrapassando uma grande região mais seca entre esses locais (AULER et al., 2004). Outro exemplo é a ampla distribuição de *T. clavipes*, em que os rios amazônicos não aparentam servir de barreiras geográficas, assim como as áreas secas do Cerrado brasileiro.

O estudo das *Tetragona* está sendo desenvolvido por Nogueira et al. (*in prep.*) com base em características morfológicas e de nidificação quando possíveis. E pelo conjunto de caracteres, já é possível separar as espécies em grupos para melhorar o entendimento taxonômico do gênero. Aqui são propostos os grupos de *Tetragona*:

##### 1. *Tetragona* gr. *clavipes*

Composto pelas espécies *T. clavipes*, *T. elongata*, *T. dissecta*, *T. perangulata*, *T. quadrangula* e mais duas espécies novas. É o grupo com maior ocorrência geográfica,

sendo muitas vezes considerado por conter complexos de espécies. A espécie *T. clavipes* possui muitas variações o que dificulta sua identificação correta. Possui abelhas que são conhecidas como Borá.

Características: clipeo completamente amarelo, com ou sem manchas, linha longitudinal ou triângulo basal de castanhos escuro a pretos; com manchas amarelas nas paraoculares que não ultrapassam superiormente a tangente no alvéolo antenal; cerdas em T6 1,5x ou mais o comprimento das cerdas de T4, além disso, essas cerdas são mais abundantes que em T5; os tergos pretos com 1/3 apical amarelo contrastante.

#### 2. *Tetragona* gr. *dorsalis*

Composto por *T. dorsalis*, *T. beebei*, *T. zieglerei* e mais duas espécies novas. Esse grupo também possui uma ampla distribuição geográfica e possui abelhas que são conhecidas como Borá-olho-de-vidro.

Características: corpo de castanho claro a amarelo; clipeo amarelo ou com pequenas manchas castanhas escuras; macha paraocular geralmente sem uma fina estria justaposta ao olho composto. Se estria presente, tergos com coloração de castanho escuro a preto; mandíbula apenas com um dente proeminente, o segundo menor que o primeiro; membrana das asas hialinas, amareladas ou esfumadas.

#### 3. *Tetragona* gr. *goettei*

Composto por *T. goettei*, *T. mayarum* e uma espécie nova. É o grupo que contém as maiores abelhas do gênero, são muito defensivas e são geralmente encontradas na Amazônia (exceto *T. mayarum*).

Características: corpo de castanho claro a amarelo; clipeo amarelo; mancha paraocular iniciando na metade do alvéolo antenal e com uma fina estria justaposta ao olho composto acima da tangente média do alvéolo antenal; mandíbula com os dois primeiros dentes proeminentes; membrana das asas esfumadas.

#### 4. *Tetragona* gr. *kaieteurensis*

Composto por *T. kaieteurensis* e mais uma espécie nova. São abelhas mais escurecidas em relação as espécies dos outros grupos (exceto *T. gr. essequiboensis*).

Características: cerdas em T6 com comprimento similar às cerdas de T5; cerdas em T6 com abundância similar às em T5; tergos com coloração de castanhos claros a castanho escuros; corpo predominantemente castanho escuro; clipeo amarelo com mancha preta central.

#### 5. *Tetragona* gr. *handlirschii*

Composto por *T. handlirschii* e mais duas espécies novas. Representado por possuir abelhas esquias, em geral com a cabeça totalmente preta.

Características: clipeo com tonalidade de castanho escuro a preto, geralmente sem manchas nas paraoculares ou raramente com manchas paraoculares castanho escuras; corpo predominantemente castanho claro; pernas e escapo amarelados; membrana das asas esfumadas; veias castanho escuras.

#### 6. *Tetragona* gr. *truncata*

Composto por *T. truncata* Moure, 1971 e uma espécie nova (Nogueira et al. *in prep.*).

Características: dente basal de mesmo comprimento do segundo dente e bem próximo a ele; mancha paraocular truncada na tangente média do alvéolo antenal ou esfumada; área supraclipeal amarela truncada ou esfumada; bordo posterior do metabasitarso sem ângulo; membrana das asas hialina ou esfumada; tergos pretos com 1/3 apical amarelo com contraste ou castanhos com 1/3 apical castanho amarelo.

#### 7. *Tetragona* gr. *essequiboensis*

Composto apenas por *T. essequiboensis*.

Características: corpo completamente preto; clipeo preto; sem manchas paraoculares; pernas e escapo pretos; membrana das asas com metade basal esfumada e metade apical hialina; veias pretas, com petrostigma, veias R e Rs amareladas.

## 2 | TRIGONA JURINE, 1807

Jurine (1807) propôs a separação de algumas espécies que eram posicionadas em *Apis* L., alegando que elas possuíam diferenças que impossibilitavam mantê-las no referido gênero. Com isso, ele propôs *Trigona* Jurine, 1807 para abrigar *Apis amalthea* Olivier, 1789, *Apis favosa* Fabricius, 1798 e *Apis ruficrus* Latreille, 1804. Como Jurine (1807) não designou uma espécie-tipo para o novo gênero, Latreille (1810) designou *Apis amalthea*. Apesar de Lepeletier (1825) reconhecer *Trigona* como gênero válido, considerando principalmente o formato do metassoma, mais tarde, no entanto, Lepeletier (1836) sinonimiza *Trigona* sob *Melipona* Illiger, 1806. Posteriormente, Smith (1854) reconhece *Trigona* como gênero válido e com 44 espécies, sendo que 34 delas pertenceriam, mais tarde, a outros gêneros. Esse autor manteve *Melipona favosa* (Fabricius, 1798) em *Melipona*, proposta anteriormente por Jurine (1807) como uma espécie de *Trigona*.

A última revisão para o gênero foi feita por Schwarz (1948), em que considerou *Trigona* como um subgênero de *Trigona lato sensu*, além de outros subgêneros como *Trigona* (*Cephalotrigona*) Schwarz, 1940, *Trigona* (*Mourella*) Schwarz, 1946, *Trigona* (*Oxytrigona*) Cockerell, 1917, *Trigona* (*Parapartamona*) Schwarz, 1948, *Trigona* (*Paratrigona*) Schwarz, 1938, *Trigona* (*Scaura*) Schwarz, 1938 e *Trigona* (*Schwarziana*) Moure, 1943.

Schwarz (1948) considerou 25 espécies para *Trigona* (*Trigona*) (Tabela 1), sendo que algumas ele considerou como sinônimos, por exemplo, *T. fuscipennis* Friese, 1900 sob *T. amalthea* (Olivier, 1789), *T. lacteipennis* Friese, 1900 e *T. pellucida* Cockerell, 1912 sob *T. compressa* Latreille, 1811.



Schwarz (1948)	Camargo & Pedro (2013)
<i>T. (T.) amalthea</i> (Olivier, 1789)	<i>T. amalthea</i>
<i>T. (T.) recursa</i> Smith, 1863	<i>T. recursa</i>
<i>T. (T.) hypogea hypogea</i> Silvestri, 1902	<i>T. hypogea</i>
<i>T. (T.) hypogea robustior</i> Schwarz, 1940	<i>T. crassipes</i>
<i>T. (T.) hyalinata hyalinata</i> (Lepeletier, 1836),	<i>T. hyalinata</i>
<i>T. (T.) hyalinata branneri</i> Cockerell, 1912	<i>T. branneri</i>
<i>T. (T.) hyalinata amazonensis</i> (Ducke, 1916)	<i>T. amazonensis</i>
<i>T. (T.) trinidadensis trinidadensis</i> (Provancher, 1888)	<i>T. amalthea</i>
<i>T. (T.) trinidadensis silvestriana</i> (Vachal, 1908)	<i>T. silvestriana</i>
<i>T. (T.) ruficrus</i> (Latreille, 1804)	<i>T. spinipes</i>
<i>T. (T.) corvina</i> Cockerell, 1913	<i>T. corvina</i>
<i>T. (T.) nigerrima</i> Cresson, 1878	<i>T. nigerrima</i>
<i>T. (T.) dimidiata dimidiata</i> Smith, 1854	<i>T. dimidiata</i>
<i>T. (T.) dimidiata venezuelana</i> Schwarz, 1948	<i>T. venezuelana</i>
<i>T. (T.) pallida pallida</i> (Latreille, 1804)	<i>T. pallens</i>
<i>T. (T.) pallida muzoensis</i> Schwarz, 1948	<i>T. muzoensis</i>
<i>T. (T.) pallida ferricauda</i> Cockerell, 1917	<i>T. ferricauda</i>
<i>T. (T.) chanchamayoensis</i> Schwarz, 1948	<i>T. chanchamayoensis</i>
<i>T. (T.) amapana</i> Schwarz, 1948	<i>T. pallens</i>
<i>T. (T.) williana</i> Friese, 1900	<i>T. williana</i>
<i>T. (T.) dallatorreana</i> Friese, 1900	<i>T. dallatorreana</i>
<i>T. (T.) braueri</i> Friese, 1900	<i>T. braueri</i>
<i>T. (T.) fulviventris fulviventris</i> Guérin, 1844	<i>T. fulviventris</i>
<i>T. (T.) fulviventris guianae</i> Cockerell, 1910	<i>T. guianae</i>
<i>T. (T.) compressa</i> Latreille, 1811	<i>T. cilipes</i>
-	<i>T. albipennis</i> Almeida, 1995
-	<i>T. fuscipennis</i> Friese, 1900
-	<i>T. lacteipennis</i> Friese, 1900
-	<i>T. necrophaga</i> Camargo & Roubik, 1991
-	<i>T. pampana</i> Strand, 1910
-	<i>T. pellucida</i> Cockerell, 1912
-	<i>T. permodica</i> Almeida, 1995
-	<i>T. sesquipedalis</i> Almeida, 1984
-	<i>T. truculenta</i> Almeida, 1984

Tabela 1: Espécies de *Trigona* Jurine, 1807 consideradas por Schwarz (1948) e Camargo e Pedro (2013).

Moure (1960) estudando os tipos de abelhas descritas por Fabricius, sinonimizou *T. (T.) trinidadensis trinidadensis* sob *T. (T.) amalthea*, *T. (T.) ruficrus* sob *T. (T.) spinipes*



(Fabricius, 1793), *T. (T.) pallida pallida* sob *T. pallens* (Fabricius, 1798), *T. (T.) hypogea robustior* sob *T. crassipes* (Fabricius, 1793) e *T. (T.) compressa* sob *T. cilipes* (Fabricius, 1804).

Alguns dos subgêneros de *Trigona l. s.* propostos por Schwarz (1948) foram elevados à categoria de gênero por Moure (1961), no entanto, ele manteve outros como tais ainda posicionados em *Trigona l. s.*, considerando os seguintes subgêneros para o Novo Mundo: *T. (Trigona)*, *T. (Duckeola)* Moure, 1944, *T. (Frieseomelitta)* Ihering, 1912, *T. (Geotrigona)* Moure, 1943, *T. (Ptilotrigona)* Moure, 1951, *T. (Tetragona)* Lepeletier & Serville, 1828 e *T. (Tetragonisca)* Moure, 1946.

Espécies novas foram descritas entre as décadas de 80 e 90. Primeiramente, com Almeida (1984) com duas novas espécies: *T. (Trigona) sesquipedalis* Almeida, 1984 e *T. (Trigona) truculenta* Almeida, 1984. No início da década de 1990, mais espécies novas foram descritas: *T. necrophaga* Camargo & Roubik, 1991, *T. (Trigona) mazucatoi* Almeida, 1992, *T. (Trigona) setentrionalis* Almeida, 1992, *T. (Trigona) permodica* Almeida, 1992 e *T. (Trigona) albipennis* Almeida, 1992.

Para a região Neotropical, Michener (1990; 2007) manteve quase todos os subgêneros reconhecidos por Moure (1961) sob *Trigona l. s.*, exceto os subgêneros *Ptilotrigona* e *Camargoia* Moure, 1989, que foram sinonimizados sob *Tetragona*.

Filogenias com base em caracteres moleculares realizadas por Rasmussen e Cameron (2007; 2010) com Meliponini do Velho e Novo Mundo, recuperaram *Trigona l. s.* como não monofilético, ao contrário da classificação de Michener (1990; 2007). Esses autores ainda recomendaram que o nome genérico “*Trigona*” fosse aplicado apenas ao clado da região Neotropical. Dessa forma, Moure (1944; 1971; 1989), Camargo e Moure (1988) e Camargo e Pedro (2013) reconheceram os táxons *Camargoia*, *Duckeola*, *Frieseomelitta*, *Geotrigona*, *Ptilotrigona*, *Tetragona* e *Tetragonisca* como gêneros válidos, não havendo subgêneros em *Trigona*.

Conforme Camargo e Pedro (2013), *Trigona* possui 32 espécies válidas (Tabela 1), mais uma em *incertae sedis*, cuja distribuição vai desde o México até Argentina (NATES-PARRA, 2005). Com base em características morfológicas e biológicas, nove grupos de espécies são reconhecidos por Rasmussen e Camargo (2008), no entanto, como há uma lacuna sobre quais são essas características morfológicas, descrevemos abaixo algumas delas para a identificação dos respectivos grupos de espécie:

#### 1. *Trigona* gr. *amalthea*

Composto por *T. amalthea*, *T. silvestriana* e *T. truculenta*.

Características: corpo predominantemente preto; clípeo, pernas e escapo pretos; membrana das asas esfumada; veias castanho-enegrecidas, com pterostigma castanho claro a castanho-enegrecido; mandíbulas com cinco dentes; labro não bituberculado; constroem seus ninhos expostos ou semi-expostos; comportamento de defesa do ninho é agressivo.

## 2. *Trigona* gr. *fulviventris*

Composto por *T. fulviventris*, *T. braueri* e *T. guianae*. Possui abelhas conhecidas como abelha-de-cachorro.

Características: cabeça e mesossoma castanho-ene­gre­cidos; metassoma ene­gre­cido, avermelhado ou amarelado; clipeo castanho-ene­gre­cido; pernas castanho-ene­gre­cidas; escapo amarelado em vista ventral; membrana das asas hialina; veias e pterostigma acastanhados; mandíbulas com quatro dentes; labro levemente bituberculado; constroem seus subterrâneos ou associados com colônias de cupins; comportamento de defesa do ninho não é agressivo.

## 3. *Trigona* gr. *fuscipennis*

Composto por *T. fuscipennis* e *T. albipennis*.

Características: corpo completamente preto; clipeo e pernas pretos; escapo preto ou acastanhado em vista ventral; membrana das asas hialina ou levemente es­fumaçada; veias castanhas a levemente castanho claro; pterostigma castanho; mandíbulas com cinco dentes; labro não bituberculado; constroem ninhos associados a colônias de cupins; comportamento de defesa do ninho é agressivo.

## 4. *Trigona* gr. *spinipes*

Composto por *T. spinipes*, *T. hyalinata*, *T. nigerrima*, *T. dallatorreana*, *T. pampana*, *T. branneri*, *T. corvina* e *T. amazonensis*. Possui abelhas conhecidas como arapuá, abelha-de-cachorro, irapuã e abelha-corta-cabelo.

Características: corpo predominantemente preto ou amarelo, invadido por regiões escurecidas; clipeo castanho-ene­gre­cido ou amarelado; pernas castanho-ene­gre­cidas, acastanhadas ou amareladas; escapo preto, acastanhado em vista ventral ou amarelo; membrana das asas hialina, acastanhada ou es­fumaçada; veias castanho-ene­gre­cidas, castanho claro a amareladas; pterostigma castanho-ene­gre­cido, castanho ou amarelado; mandíbulas com cinco dentes; labro não bituberculado; constroem seus ninhos expostos; geralmente o comportamento de defesa do ninho é agressivo, exceto em *T. dallatorreana* que apresenta comportamento não agressivo.

## 5. *Trigona* gr. *cilipes*

Composto por *T. cilipes*, *T. lacteipennis* e *T. pellucida*.

Características: corpo predominantemente preto; clipeo castanho-ene­gre­cido; pernas castanho-ene­gre­cidas; escapo preto; membrana das asas hialina; veias castanho-ene­gre­cidas a castanho claras; pterostigma castanho; mandíbulas com quatro dentes; labro não bituberculado; constroem seus ninhos associados a colônias de cupins ou associados a colônias de formigas ou vespas; comportamento de defesa do ninho não é agressivo.

## 6. *Trigona* gr. *crassipes*

Composto por *T. crassipes*, *T. hypogea* e *T. necrophaga*. As espécies desse grupo são necrófagas obrigatórias, ou seja, utilizam carne de animais mortos como única fonte de proteína em substituição ao pólen.

Características: corpo predominantemente preto; clipeo castanho-enegrenado; pernas pretas a castanho-avermelhadas; escapo acastanhado em vista ventral; membrana das asas hialina; veias acastanhadas; pterostigma acastanhado; mandíbulas com cinco dentes; labro não bituberculado; constroem seus ninhos dentro de troncos de árvores ocas; comportamento de defesa do ninho pode ser agressivo ou não.

#### 7. *Trigona* gr. *pallens*

Composto por *T. pallens*, *T. williana*, *T. ferricauda*, *T. muzoensis* e *T. chanchamayoensis*.

Características: corpo predominantemente amarelo; clipeo amarelo; pernas amarelas; escapo amarelo; membrana das asas hialinas ou subtransparentes; veias amarelas ou acastanhadas; pterostigma amarelado ou acastanhado; mandíbulas com cinco dentes; labro bituberculado ou levemente bituberculado; constroem seus ninhos associados a colônias de cupins ou dentro de troncos de árvores ocas; comportamento de defesa do ninho pode ser agressivo ou não.

#### 8. *Trigona* gr. *dimidiata*

Composto por *T. dimidiata*, *T. venezuelana* e *T. sesquipedalis*.

Características: corpo predominantemente preto; clipeo preto; pernas pretas; escapo geralmente preto, às vezes acastanhado em vista ventral; asa com contraste acentuado entre a metade basal mais escura e a metade apical leitosa; pterostigma amarelado; mandíbulas com cinco dentes; labro não bituberculado. Informação não acessada sobre os ninhos e comportamento de defesa do grupo.

#### 9. *Trigona* gr. *recurva*

Composto por *T. recurva* e *T. permodica*.

Características: corpo predominantemente preto; clipeo preto; pernas pretas a castanho-enegrenadas; escapo geralmente preto, às vezes acastanhado em vista ventral; membrana das asas translúcidas; veias acastanhadas ou com contraste entre a base até o prestigma das asas anteriores castanho escuro e após o prestigma castanho claro; pterostigma castanho a castanho-enegrenado; mandíbulas com cinco dentes; labro não bituberculado; constroem seus ninhos subterrâneos; comportamento de defesa do ninho não é agressivo. Informação não acessada sobre os ninhos e comportamento de defesa de *T. permodica*.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. C. Duas espécies novas de *Trigona* (s. str.) (Apidae, Meliponinae) da região neotropical. **Dusenía**, v. 14, p. 129-144, 1984.

ALMEIDA, M. C. Quatro espécies novas de *Trigona* (s. str.) (Apidae, Meliponinae) da região neotropical. **Acta Biológica Paranaense (Curitiba)**, v. 21, p. 181-193, 1992.

AULER, A. S.; WANG, A.; EDWARDS, R. L.; CHENG, H.; CRISTALLI, P. S.; SMART, M. L.; RICHARDS, D. A. Quaternary ecological and geomorphic changes associated with rainfall events in presently semi-arid northeastern Brazil. **Journal of Quaternary Science**, v. 19, p. 693-701, 2004.

AYALA, R. Revision de las abejas sin aguijon de Mexico (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Folia Entomológica Mexicana**, v. 106, p. 1-123, 1999.

AYALA, R.; ENGEL, M. S. A new stingless bee species of the genus *Nogueirapis* from Costa Rica (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Melittology**, v. 37, p. 1-9, 2014.

BOUBLI, J. P.; RIBAS, C.; ALFARO, J. W. L.; ALFARO, M. E.; SILVA, M. N. F.; PINHO, G. M.; FARIAS, I. P. Spatial and temporal patterns of diversification on the Amazon: A test of the riverine hypothesis for all diurnal primates of Rio Negro and Rio Branco in Brazil. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 82, p. 400-412, 2015.

CAMARGO, J.M.F.; MOURE, J.S. Notas sobre os Meliponinae (Hymenoptera, Apidae) colecionados por Filippo Silvestri na bacia do Rio da Prata. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 32, n. 2, p. 293-314, 1988.

CAMARGO, J. M. F.; ROUBIK, D. W. Systematics and bionomics of the apoid obligate necrophages: the *Trigona hypogea* group (Hymenoptera: Apidae; Meliponinae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 44, p. 13-39, 1991.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Systematics, phylogeny and biogeography of the Meliponinae (Hymenoptera, Apidae): a mini-review. **Apidologie**, v. 23, p. 509-522, 1992.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Lepeletier, 1836. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. (ed.) **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia xiv, 2007. p. 272-578.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. **Meliponini Lepeletier, 1836**. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. (Orgs). *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region* - online version. Available in: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>, 2013. (Acesso em: 11 nov. 2019).

COCKERELL, T. D. A. Descriptions and records of bees - XXXIII. **The Annals and Magazine of Natural History**, v. 6, p. 356-366, 1910.

COCKERELL, T. D. A. Meliponine bees from Central America. **Psyche**, v. 20, p. 10-14, 1913.

COSTA, M.A.; DEL LAMA, M.A.; MELO, G.A.R.; SHEPPARD, W.S. Molecular phylogeny of the stingless bees (Apidae, Apinae, Meliponini) inferred from mitochondrial 16S rDNA sequences. **Apidologie**, v. 34, p. 73-84, 2003.

CRESSON, E. T. Descriptions of new species of North American bees. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, v. 30, p. 181-182, 1878.

FRIESE, H. Neue arten der Bienengattungen Melipona III. Und *Trigona* Jur. **Természetrzaji Füzetek**, v. 23, p. 381-394, 1900.

LEPELETIER, A. L. Trigone. In: LATREILLE, P. A. (ed.) **Encyclopédie méthodologique. Histoire naturelle, Entomologie, ou histoire naturelle des crustacés, des arachnides et des insectes, [“Par”-“Zyg”]** Vol. 10. Paris: Agasse. 710. p. 709-711. 1825.

LEPELETIER, A.L.M. **Histoire Naturelle des Insectes—Hyménoptères**. Vol. 1. Roret, Paris, 1836. 547 p.

MELO, G. A. R.; COSTA, M. A. A new stingless bee species of the genus *Scaura* (Hymenoptera, Apidae) from the Brazilian Atlantic forest, with notes on *S. latitarsis* (Friese). **Zootaxa**, v. 544, p. 1-10, 2004.

MICHENER, C. D. Classification of the Apidae (Hymenoptera). **The University Kansas Science Bulletin**, v. 54, p. 75-164, 1990.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 913 p., 2000.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World. 2nd Edition**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 953 p., 2007.

MOURE, J. S. Abelhas de Batatais (Hym. Apoidea). **Arquivos do Museu Paranaense**, v. 3, p. 145-203, 1943.

MOURE, J. S. Abejas del Perú. **Boletim del Museo de Historia Natural “Javier Prado”**, v. 8, n. 28-29, p. 67-75, 1944.

MOURE, J. S. Contribuição para o conhecimento dos Meliponinae (Hym. Apoidea). **Revista de Entomologia**, v. 17, p. 437-443, 1946.

MOURE, S. J. Notas sobre Meliponinae (Hymenopt.—Apoidea). **Dusenía**, v. 2, p. 25-70, 1951.

MOURE, J. S. *Nogueirapis*, no [novo] grupo de Trigonini da Região Neotropical. (Hymenoptera - Apoidea). **Ciência e Cultura (SP)**, v. 5, n. 4, p. 247-249, 1953.

MOURE, J. S. Notes on the types of the Neotropical bees described by Fabricius (Hymenoptera: Apoidea). **Studia Entomologica**, v. 3, p. 97-160, 1960.

MOURE, S. J. A Preliminary Supra-specific Classification of the Old World Meliponine Bees (Hymenoptera, Apoidea). **Studia Entomologica**, v. 4, p. 181-242, 1961.

MOURE, J. S. *Camargoia*, um novo gênero neotropical de Meliponinae (Hymenoptera: Apoidea). **Boetim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia**, v. 5, n. 1, p. 71-78. 1989.

MOURE, J. S. Descrição de uma nova espécie de *Tetragona* do Brasil Central (Hymenoptera - Apidae). **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, v. 4, p. 47-50, 1971.

MOURE, J. S. Duas espécies novas do gênero *Tetragona* (Hymenoptera, Apidae). **Acta Biológica Paranaense (Curitiba)**, v. 28, n. 1-4, p. 141-146, 2000.

MOURE, J. S.; CAMARGO, J. M. F. *Partamona (Nogueirapis) minor*, nova espécie de Meliponinae (Hymenoptera: Apidae) do Amazonas e notas sobre *Plebeia varicolor* (Ducke). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia**, v. 120, p. 1-10, 1982.

NATES-PARRA, G. **Abejas corbiculadas de Colombia. Hymenoptera: Apidae**, Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, 156 p., 2005.

NOGUEIRA, D. S. **Sistemática de *Scaura* Schwarz, 1938 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) com notas biológicas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2016.

NOGUEIRA, D. S.; OLIVEIRA, F. F.; OLIVEIRA, M. L. The real taxonomic identity of *Trigona latitarsis* Friese, 1900, with notes on type specimens (Hymenoptera: Apidae). **Zookeys**, v. 713, p. 113-130, 2017.

NOGUEIRA, D. S.; SANTOS JÚNIOR, J. E., OLIVEIRA, F. F.; OLIVEIRA, M. L. Review of *Scaura* Schwarz, 1938 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Zootaxa**. v. 4712, n. 4, p. 451-496, 2019.

OLIVEIRA, F. F.; RICHERS, B. T. T.; SILVA, J. R.; FARIAS, R. C.; MATOS, T. A. L. **Guia ilustrado das abelhas “sem ferrão” das Reservas Amanã e Mamirauá, Amazonas, Brasil (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Tefé, 267 p., 2013.

PEDRO, S.R.M. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, p. 348-354. 2014.

PROVANCHER, L. Additions et corrections au volume II de la faune entomologique du Canada traitant des Hyménoptères. **Naturaliste Canadien**, v. 17, p. 273-440. 1888.

RASMUSSEN, C.; CAMARGO, J. M. F. A molecular phylogeny and the evolution of nest architecture and behavior in *Trigona* s. s. (Hymenoptera: Apidae: Meliponini)\*. **Apidologie**, v. 39, p. 102-118. 2008.

RASMUSSEN, C.; CAMERON, S. A. A molecular phylogeny of the Old World stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) and the non monophyly of the large genus *Trigona*. **Systematic Entomology**, v. 32, p. 26-39. 2007.

RASMUSSEN, C.; CAMERON, S. A. Global stingless bee phylogeny supports ancient divergence, vicariance, and long distance dispersal. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 99, p. 206-232. 2010.

RIBAS, C. C.; ALEIXO, A.; NOGUEIRA, A. C. R.; MIYAKI C. Y.; CRACRAFT, J. A palaeobiogeographic model for biotic diversification within Amazonia over the past three million years. *Proceedings of The Royal Society B*. v. 279, p. 681-689. 2012.

ROUBIK, D.W. **Ecology and natural history of tropical bees**. New York, Cambridge University Press. 514 p., 1989.

SCHWARZ, H. F. The stingless bees (Meliponidae) of British Guiana and some related forms. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 74, p. 437-508. 1938.

SCHWARZ, H. F. A substitute name for *Patera* Schwarz (Hymenoptera: Meliponidae). **Entomological News**, v. 50, p. 23-23. 1939.

SCHWARZ, H. F. Stingless bees (Meliponidae) of the Western Hemisphere. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 90, p. 1-54. 1948.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação**. Belo Horizonte, 253 p., 2002.

SMITH, F. **Catalogue of Hymenopterous Insects in the Collection of the British Museum**, part 2. Apidae. London, pp. 403-414. 1854.

STRAND, E. Über einige amerikanische Hymenopteren des Naturhistorischen Museums zu Wiesbaden. **Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde**, v. 63, p. 8-18. 1910.

VACHAL, J. Espèces nouvelles ou litigienses d' Apidae du haut Bassin du Parana et des régions contiguës et délimitation d' une nouvelle sous-famille Diphaglossinae (Hym.). **Revue d'Entomologie, Caen**, v. 27, p. 221-244. 1908.

WILLE, A. A revision of the subgenus *Nogueirapis*; an archaic group of stingless bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of the New York Entomological Society**, v. 70, p. 218-234. 1962.

WILLE, A. Notes on a primitive stingless bee, *Trigona (Nogueirapis) mirandula*. **Revista de Biología Tropical**, v. 12, n. 1, p. 117-151. 1964.

WILLE, A. Phylogeny and relationships among the genera and subgenera of the stingless bees (Meliponinae) of the world. **Revista de Biología Tropical**, v. 27, n. 2, p. 241-277. 1979.

YAMADA, A. M. T. D. **Relações filogenéticas do gênero *Scaura* (Hymenoptera, Apidae, Miliponini) e filogeografia de *Scaura latitarsis***. 2010. Tese (Doutorado em Ciências - Biologia/Genética) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2010.

# CAPÍTULO 7

## ANÁLISE PALINOLÓGICA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PÓLEN E PRÓPOLIS DE *APIS MELLIFERA*

Data de aceite: 01/10/2020

Data de Submissão: 07/07/2020

### **Antônia Maria das Graças Lopes Citó**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina - Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/9919214482621635>

### **Ian Vieira Rêgo**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina - Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/8178469620996937>

### **Paulo Sousa Lima Junior**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina - Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/8899108753755443>

### **Maria do Carmo Gomes Lustosa**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina - Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/5051049035876777>

### **Cynthia Fernandes Pinto da Luz**

Instituto de Botânica/SP - Núcleo de Pesquisa  
em Palinologia  
<http://lattes.cnpq.br/9803806414020991>

**RESUMO:** Produtos apícolas são consumidos pela humanidade desde épocas remotas. Atualmente a busca por esses produtos vêm crescendo cada vez mais por conta das propriedades biológicas e valor nutricional relevante, como por exemplo, o pólen e a própolis. Realizar suas análises é uma forma de garantir o controle de qualidade e segurança dos

produtos, além de identificar a região geográfica em que foram produzidos. A própolis e o pólen apícolas coletados no município de Bela Vista, no Piauí, foram analisados por Cromatografia a Gás acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM) e por microscopia na análise polínica. Foram identificados 17 constituintes voláteis na amostra de pólen (alfa-terpinoleno foi o constituinte majoritário) e 27 compostos para a própolis (n-octacosano como composto majoritário). Os compostos fixos foram identificados nos dois produtos após fracionamento. O tipo polínico mais frequente na amostra de pólen pertence à família Leguminosae (*Machaerium* sp). Na avaliação das amostras da própolis prevaleceram as famílias Leguminosae, Anacardiaceae, Combretaceae, Leguminosae tipo 1 e Rubiaceae. Conclui-se que a composição desses produtos é bastante diversificada e que a análise das suas características é de grande importância para auxiliar produtores na obtenção de produtos de maior valor agregado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pólen apícola, própolis, colmeia, abelhas.

### PALYNOLOGICAL ANALYSIS AND CHEMICAL COMPOSITION OF POLLEN AND PROPOLIS OF *APIS MELLIFERA*

**ABSTRACT:** Bee products have been consumed by mankind since ancient times. Nowadays, the search for these products has grown significantly due to their interesting biological properties and nutritional value, such as pollen and propolis. Performing their analysis is a way to guarantee the quality control and safety of these products and also to identifying the geographic region that



they were produced. Propolis and bee pollen collected in the county of Bela Vista, Piauí, were analyzed by Gas Chromatography coupled with Mass Spectrometry (GC-MS) and by microscopy in pollen analysis. 17 volatile compounds were identified in the pollen sample (alpha-terpinolene was the major compound) and 27 compounds for propolis (n-octacosane was the major compound). The fixed compounds were identified in the two products after fractionation. The most frequent pollen type in the pollen samples belongs to the Leguminosae family (*Machaerium* sp). In the evaluation of the propolis samples, the families Leguminosae, Anacardiaceae, Combretaceae, Leguminosae type 1 and Rubiaceae prevailed as the most predominant in terms of quantity. Thus, the composition of these products is quite diversified and the analysis of their characteristics has big value in order to assist producers in the process of obtaining these products with a much better market value.

**KEYWORDS:** Bee pollen, propolis, hive, bees.

## 1 | INTRODUÇÃO

A análise palinológica é a parte da botânica que realiza o estudo dos grãos de pólen, esporos e outras estruturas com parede orgânica ácido-resistente (Hyde & Williams 1944). Essa ciência vem sendo utilizada há muitos anos em diferentes contextos, como o arqueológico, geológico, forense e outros. É possível realizar uma identificação morfológica por meio da expertise do palinólogo, associando-se à comparação com dados da literatura e consulta a palinotecas (Luz et al. 2014). Nesse contexto, é indispensável para se obter informações sobre a origem botânica e geográfica de produtos apícolas, como mel, pólen e própolis (Barth 1989, Luz 2001, Luz et al. 2007a, Naila et al., 2018; Alotaibi et al., 2020).

Além do mel, produto apícola mais consumido dentre os brasileiros, outros produtos têm recebido bastante destaque ultimamente por conta dos benefícios que proporcionam à saúde, como a própolis e o pólen apícola (Mayana et al., 2006; Vit, 2006; Vit, 2009; Buainain; Batalha, 2007; Vit et al. 2015), mas que carecem de estudos mais aprofundados na literatura nacional. O Brasil tem grande potencial apícola por conta da grande diversidade existente no país, que possui seis biomas (IBGE/MMA2004, Cano et al., 2020). Cada produto apícola tem características únicas que se relacionam profundamente com a geografia do local de produção. O estudo polínico e identificação da composição desses produtos é importante não só para garantir o controle de qualidade e boas práticas de fabricação, mas também para auxiliar os produtores na manutenção de espécies de interesse que mais contribuem para a composição final do produto, assim como implantar melhorias para obtenção de produtos com maior valor agregado (Barth 2004, Luz et al., 2007a; MELO, 2015; USP; 2015; Lacerda et al, 2011).

## 2 | PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1 Coleta e análise palinológica

As amostras de mel (500 g), própolis (40 g) e pólen (50 g) foram coletadas no mês de dezembro, antes do período das chuvas na região, provenientes de um apiário localizado no município de Bela Vista do Piauí (07° 59' 20" de latitude Sul, 41° 52' 06" de longitude Oeste), e com o cadastro de acesso Sisgen número A9FF29D.

Para a realização da análise palinológica, as três amostras foram submetidas a processos mostrados na Figura 1. Foram confeccionadas seis lâminas de microscopia para cada amostra pelos métodos sem uso da acetólise para o mel e pólen (Maurizio & Louveaux, 1965, Louveaux et al. 1978; Modro et al. 2009) e com acetólise de Erdtman (1960) adaptado para própolis de Barth (1998). Para a caracterização do espectro polínico e contagem dos grãos de pólen de cada amostra, por meio do método fez-se uma varredura ao microscópio em cada lâmina para identificar os tipos de pólen presentes nas amostras e esta identificação foi baseada na palinoteca do Núcleo de Pesquisa em Palinologia do Instituto de Botânica (São Paulo) e em catálogos palinológicos.

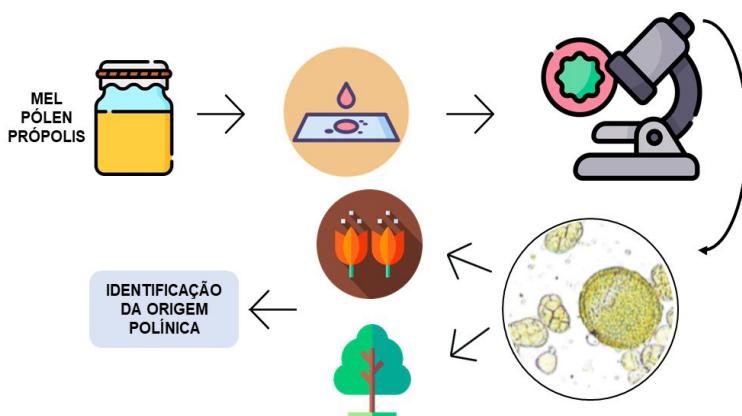


Figura 1: Esquema de análise palinológica de produto apícola

Fonte: Autor.

### 2.2 Extração dos constituintes voláteis e fixos

Uma alíquota da amostra de mel (4 g) foi submetida à micro-hidrodestilação por 3 horas. As amostras de própolis e pólen foram fragmentadas em pequenas partículas e divididas em porções de 4 g e submetidas à micro-hidrodestilação, também por um período de 3 horas. A partir do hidrolato resultante foi realizada uma partição com o solvente extrator diclorometano (3x15 mL) e os constituintes resultantes foram mantidos sob refrigeração até a realização de análise por CG-EM. Os decoctos de pólen e própolis foram liofilizados

e após foram submetidos à extração, utilizando solventes de polaridade crescente para posterior análise dos constituintes químicos, de acordo com a Figura 2.

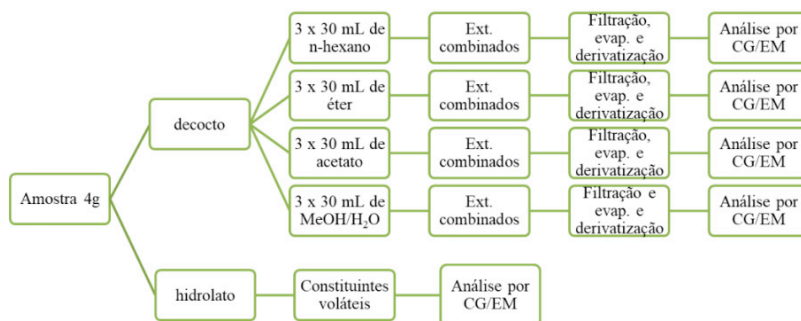


Figura 2. Fluxograma de análise das amostras de pólen e própolis

Fonte: Lustosa, 2012.

## 2.3 Determinação de fenóis e flavonoides totais

A quantificação de compostos fenólicos presentes nas frações: hexânica, etérea, acetato de etila e hidroalcoólica foi realizada utilizando o método de Folin-Ciocalteu segundo a metodologia de Sousa et al., (2007). O teor de flavonoides totais (FLAT) nas frações foi determinado utilizando método de complexação com cloreto de alumínio conforme metodologia descrita por Sobrinho et al. (2010). O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl modificado segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Própolis

A própolis é um produto oriundo da mistura de secreções de árvores, plantas e flores coletadas por abelhas, sendo estas secreções: resinosas, gomosas e balsâmicas. Sua composição depende da origem geográfica e botânica, da estação de coleta e das condições climáticas (Vasilaki et al., 2019).

Na colmeia, a própolis é utilizada pelas abelhas na defesa contra invasores, como algumas espécies de besouros, para conservar corpos resultantes de putrefação, promover o isolamento térmico, preencher fendas e aberturas (Hodges et al., 2018).

A própolis é geralmente composta por 50% de resina, 30% de ceras, 5% de pólen e apenas 10% de óleos aromáticos essenciais, sendo o restante composto por outras substâncias como vitaminas e compostos inorgânicos, Mn, Fe, Cu, Ca, Zn, entre outros. Além disso, a própolis é composta por alcaloides, ácidos graxos e seus ésteres e principalmente flavonoides e terpenos (Vasilaki et., 2019; Ahangari et al., 2018).

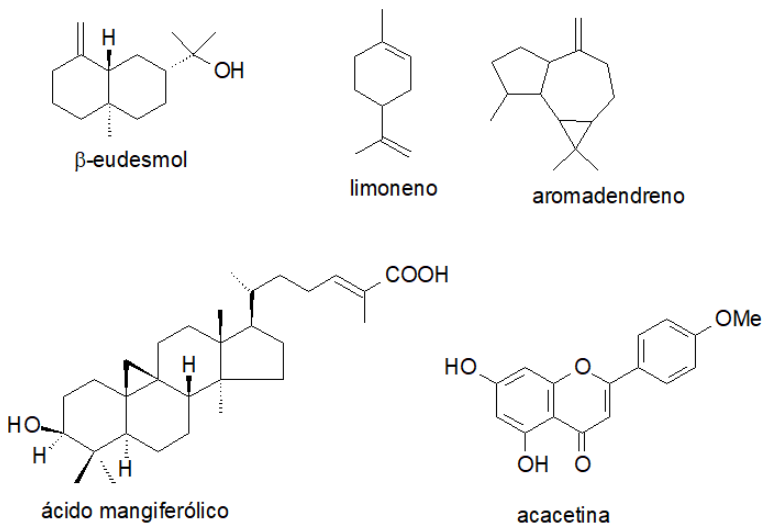


Figura 3. Substâncias identificadas em própolis

Fonte: Lustosa, 2012.

### 3.1.1 Características da própolis e propriedades biológicas

No estudo realizado por Lustosa (2012), a própolis e outros produtos apícolas coletados no município de Bela Vista, no Piauí, foram analisados por Cromatografia a Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM), após passar por um processo de micro-hidrodestilação, sendo identificados 27 compostos para a própolis, como o n-octacosano como composto majoritário. Os componentes identificados estão descritos na Tabela 1.

Os hidrocarbonetos de cadeia longa foram os constituintes majoritários da fração volátil da amostra de própolis (n-octacosano 12,66% e n-tricosano 11,13%). O n-octacosano pertence a uma classe de compostos orgânicos conhecidos como alcanos acíclicos juntamente com o n-tricosano, n-pentacosano e n-heptacosano.

Os alcanos de cadeia longa são constituintes da cutícula dos insetos, abelhas, previnem contra a dessecação, e apresentam importante papel na semioquímica entre os insetos sociais. Tem-se sugerido que constituintes como ácidos graxos, ésteres, álcoois primários e alguns hidrocarbonetos como n-hexadecano, n-octadecano e n-heneicosano são utilizados pelas abelhas no reconhecimento entre os membros da colmeia (Schmitt et al., 2007).

Como relatado por Vasilaki et al. (2019), a composição química da própolis é complexa e depende da fauna e flora do local da coleta, ou seja, os constituintes variam dependendo de onde a coleta está sendo realizada, e também qual espécie de abelha produziu aquela própolis. A própolis pode ser classificada quanto ao teor de flavonoides,

quando apresenta um baixo teor <1,0% (m/m) e um alto teor > 2,0% (m/m) (Brasil, 2001).

Segundo Machado et al. (2016) os diferentes tipos de própolis brasileira contêm componentes químicos como terpenoides, compostos fenólicos, alguns flavonoides e derivados prenilados do ácido p-cumárico.

No entanto, em um estudo realizado por Caland Neto (2010), muitos constituintes fenólicos, particularmente flavonoides, foram identificados por ESI(-)/MS/MS na própolis do Piauí, tais como flavonóides agliconas: acacetina, canferol, canferida, quercetina e isoramnetina e flavonoides glicosilados: canferol 3-O-glicosídeo, quercetina 3-O-ramnosídeo, quercetina 3-O-glicosídeo, isoramnetina 3-O-glicosídeo, quercetina 3-O-rutinosídeo, canferol 3-O-rutinosídeo, isoramnetina 3-O-rutinosídeo e quercetina 3-O-rutinosídeo-7-O-glicosídeo.

Muitas atividades farmacológicas têm sido atribuídas aos extratos de própolis principalmente: antimicrobiana (Al-Ani et al., 2018; Przybytek et al., 2019), antifúngica (Vasilaki et al., 2019), anti-inflamatória e antioxidante (Tiveron et al., 2016), cicatrizante (Mujica et al., 2019), anticarcinogênica (Badria et al., 2018) e antiviral (Yildirim et al., 2016).

A amplitude das atividades biológicas de própolis é maior em áreas tropicais do planeta devido à diversidade vegetal destas regiões. Devido à grande diversidade da flora brasileira, as própolis brasileiras foram divididas anteriormente em 12 grupos de acordo com a composição química e atividade biológica, sendo que, um novo tipo de própolis proveniente da região do mangue de Alagoas foi descoberto, tornando-o o décimo terceiro grupo ou tipo de própolis brasileira (López et al., 2014; Cabral et al., 2009).

### *3.1.2 Compostos Fixos de Própolis*

Ao analisar frações obtidas por meio de fracionamento da própolis coletada em Bela Vista-PI, Lustosa (2012) identificou diversas substâncias. A investigação da composição química da fração hexânica de própolis permitiu identificar 18 constituintes, sendo que 20,88% corresponde ao composto majoritário hexadecanoato de octadecila, seguido de 7,90% de hexadecanoato de tetradecila. Na fração acetato de etila, foram caracterizados 13,93% de ácidos alifáticos, 18,37% de triterpeno não identificado, 57,23% de lupeol e 10,47% de compostos não identificados. Na fração acetato de etila da própolis, foram detectadas 15 substâncias, sendo constituída principalmente por ácidos alifáticos (76,17%). O ácido que mais contribuiu foi o ácido octadecanoico (36,17%), seguido pelo ácido hexadecanoico (20,94%). Na fração hidroalcolica foi caracterizada a presença dos compostos majoritários: hexadecanoato de metila (18,53%) e octadecanoato de metila (27,61%).

## **3.2 Pólen Apícola**

O pólen é o elemento fecundador que contém os gametas masculinos das plantas e que fecundarão o óvulo no órgão reprodutor feminino e, dessa forma, permitindo que haja

a formação de frutos e do embrião nas sementes. O processo de fecundação é, em muitos casos, realizado por insetos como as abelhas, que carregam o pólen de uma planta à outra durante sua coleta ou na busca de néctar, cujo transporte polínico realizado por esses agentes polinizadores até o estigma do pistilo da flor feminina denomina-se “polinização”. As abelhas e as plantas se beneficiam mutuamente dessa relação - as abelhas precisam do néctar e pólen para garantir seu sustento e, por sua vez, as flores precisam dos polinizadores para servir na polinização e, assim, formar suas sementes (Roubik 1995). As abelhas são consideradas mais importantes para a conservação de espécies vegetais por abrigar o maior número de polinizadores, que encontram no néctar e pólen a principal fonte de alimento e energia para os adultos e crias (Silva, 2006; Nogueira-Neto, 1997; Michener, 2007). As abelhas do gênero *Apis mellifera* são conhecidas pela maior intensidade de visita às flores, tendo papel importante na fecundação e transporte de pólen. Por ser um alimento rico em nutrientes, as abelhas também utilizam na sua dieta, de modo a fornecer todos os nutrientes necessários para seu desenvolvimento. O pólen é coletado com auxílio das patas traseiras das abelhas assim como por atração, em que as abelhas operárias durante as visitas atraem grande quantidade de pólen usando um campo eletrostático fraco gerado entre a flor (polo negativo) e o seu corpo (polo positivo). Assim eles são aglutinados com auxílio de secreções orais, formando *pellets* e transportados para a colmeia, onde são armazenados, sendo denominado pólen apícola que é diferente do original. A fonte vegetal utilizada determina as propriedades nutricionais, físico-químicas e funcionais do produto (Thakur; Nanda, 2020; Pohl et al., 2020; de Mattos et al, 2018). A Figura 4 ilustra um esquema de produção do pólen apícola pelas abelhas e como é feita a coleta pelos produtores.

O pólen de abelha possui uma composição variada, com lipídios, açúcares, proteínas, compostos fenólicos, vitaminas, aminoácidos e minerais. A presença dessas substâncias pode variar não só por conta da espécie vegetal utilizada, mas também por conta das condições edafoclimáticas em que ocorre a coleta e produção (Ares et al., 2020). A Instrução Normativa Nº 3, de 19 de janeiro de 2001, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento determina os regulamentos técnicos e de qualidade para comercialização deste produto apícola, que pode ser na sua forma original ou desidratado, estabelecendo parâmetros organolépticos, físico-químicos e microbiológicos. O produto deve apresentar cor e aroma característico com a origem floral, e grãos heterogêneos, de forma e tamanhos variados, quase esféricos. A umidade máxima permitida é de 30% (no pólen desidratado, 4%). Na base seca é permitido no máximo: 4% m/m de cinzas; mínimo de: 1,8% m/m de lipídios, 8% m/m de proteínas e 2% m/m de fibra bruta. Os açúcares totais variam de 14,5% a 55% m/m, pH de 4 a 6 e acidez livre no máximo 300 mEq/kg.

Para realizar a classificação do pólen como multifloral ou monofloral, é feita a contagem dos tipos polínicos encontrados no produto para determinar a frequência desses. Para ser classificado como monofloral o pólen apícola deve apresentar mais de 90% de um

tipo polínico, ou pelo menos 60%, mas sem a presença de pólen acessório, que quando está presente pode variar de 15 a 45% do total de grãos analisados (Louveaux et al. 1978). Quando ocorre suprimento inadequado de matéria-prima na flora vizinha à colmeia, devido a estrutura da vegetação existente ou pelas variações nas ofertas de pólen em termos cronológicos, ou ainda, devido as preferencias alimentares intrínsecas à cada espécie de abelha, elas visitam outras fontes botânicas, dando origem à *pellets* multiflorais, onde não há predominância de um tipo de pólen (Barth, 2004; Luz et al. 2007b; Melo, 2015; Thakur; Nanda, 2020).

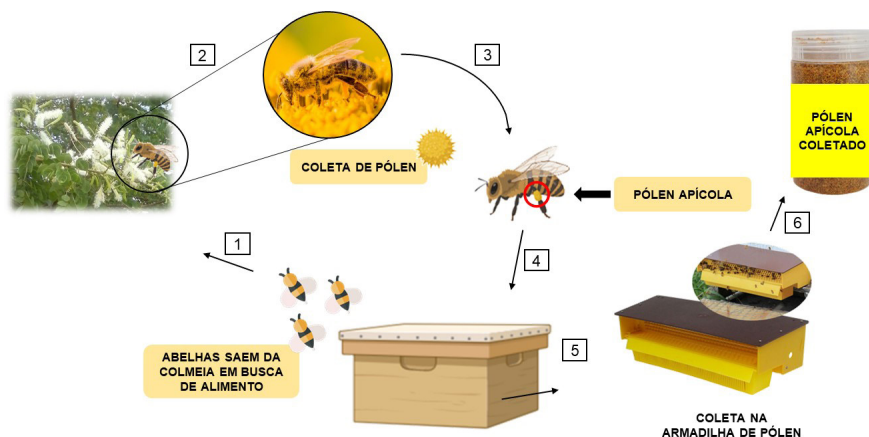


Figura 4. Esquema do processo de coleta e produção de pólen apícola

Fonte: Autor. (1) Abelhas operárias; (2) Flor com pólen; (3) Coleta do pólen durante a visita da abelha; (4) abelha carregando *pellet* de pólen nas patas traseiras; (5) colmeia; (6) armadilha de pólen na entrada da colmeia.

### 3.2.1 Características do pólen apícola e propriedades biológicas

A presença de compostos voláteis é uma característica importante deste produto, visto que muitos estudos destacam a ação sinérgica existente entre os terpenos para promover uma ação biológica benéfica. Lustosa (2012) identificou 17 constituintes na amostra de pólen de Bela Vista-Piauí, onde  $\alpha$ -terpinoleno foi o constituinte majoritário. Os compostos identificados estão dispostos na Tabela 1.

O pólen apícola é caracterizado como um alimento rico em nutrientes, possuindo como componentes majoritários os açúcares (13-55%), fibras (0,3-20%), proteínas (10-40%) e lipídeos (1-10%). Mas apresenta também outros componentes que são encontrados em menores quantidades, como os minerais (cálcio, manganês, magnésio, fósforo, selênio, zinco, cobre, ferro, potássio e sódio), vitaminas (do complexo B, ácido ascórbico e tocoferol), carotenoides, compostos fenólicos (como os flavonoides), esteroides e terpenos (Caldas et al., 2019). A concentração elevada de açúcares redutores, aminoácidos essenciais, ácidos

graxos insaturados e saturados, a presença de Zn, Cu, Fe, e a relação K/Na alta fazem o pólen de abelha muito importante para a dieta humana (Campos et al., 2008). Segundo a literatura, os ácidos graxos dominantes em pólen são os ácidos: palmítico (C16:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3) (Moura, 2014).

Compostos	IR cal	IR lit	Pólen%	Própolis%
ácido hexanoico	987	973	4,46	
(Z)-óxido de linalolfuranoide	1069	1072	5,98	
(E)-óxido de linalolfuranoide	1087	1086	3,21	
α-terpinoleno	1092	1088	13,62	
n.i	1104			2,19
nonanal	1105	1098	3,30	
óxido de cislinalolpiranoide	1165	1167 <sup>a</sup>	7,19	
óxido de translinalolpiranoide	1171	1173 <sup>a</sup>	4,18	
α-terpineol	1188	1188	5,83	
salicilato de metila	1190	1190	6,14	
decanal	1193	1198		5,50
ácido nonanoico	1275	1280		2,78
timol	1289	1290	3,94	
tridecano	1302	1300	6,63	
acetato de carvacrila	1353	1372	4,01	
2,6,11-trimetildodecano	1362			
cipereno	1395	1398		2,61
n-tetradecacano	1401	1400	9,73	
δ-amorfenol	1506	1512		3,32
espatulenol	1575	1576		1,53
hexadecano	1595	1600		
β-copaen-4-ol	1597			2,44
δ-guaieno	1620			2,01
hexadecanol	1868	1875		3,62
n.i	1878			1,86
n.i	1906			2,22
n.i	1945			2,66
ácido hexadecanoico	1960	1960		3,14
octadecanol	2068	2077		3,08
n.i	2075			4,96
cinamato -4-metoxi-2-etil-hexila	2131			1,74
n.i	2164			1,97
docosano	2195	2200	7,31	1,62
n.i	2266			1,91



n.i	2281			3,13
n-tricosano	2293	2300	4,69	11,13
n-pentacosano	2495	2500	5,78	9,39
n-hexacosano	2590	2600	4,00	1,62
n-heptacosano	2697	2700		6,63
7-hexildocosano	2765			1,62
esqualeno	2782	2790 <sup>c</sup>		2,66
n-octacosano	2795	2800		12,66
Total identificado			100,00	79,10

Tabela 1. Constituintes voláteis de pólen, própolis e mel de *Apis mellifera* do município de Bela Vista-PI

Legenda: IRcal: Índice de retenção calculado, IRLit: Índice de retenção literatura (Adams), n.i: não identificado. a: Boulanger; Crouzet (2000); b: Golovnya; Kuzmenko (1977); c: Kilic et al., (2004).

Fonte: Lustosa, 2012.

Existem poucos trabalhos na literatura com composição química de voláteis de pólen. O ácido hexanoico e o tridecano, identificados na amostra de pólen em estudo, foram relatados no pólen apícola da Lituânia (Kaskoniene; Venskutonis; Ceksteryte, 2008). Os óxidos *Z* e *E*-linalol,  $\alpha$ -terpienol, tridecano, tetradecano, docosano, pentacosano e heneicosano foram relatados em pólen de *Melipona* (Lima Neto, 2009).

O  $\alpha$ -terpinoleno pertence à classe dos monoterpenos, estudos comprovam que este possui atividade não genotóxica e atua como antioxidante natural, além de possuir propriedades analgésicas, anti-inflamatórias e por apresentar efeitos antiproliferativos nas células tumorais cerebrais. O timol é outra substância presente no pólen, sendo este um monoterpenoide aromático considerado seguro pela *Food and Drug Administration* (FDA). Estudos comprovam a atividade antimicrobiana e anti-inflamatória promissora, sendo destacado como um bom agente auxiliar no processo de restauração de tecido lesionado (de Christo Scherer et al., 2019; Walczak et al. 2020).

### 3.2.2 Compostos Fixos de Pólen Apícola

Além dos compostos voláteis, outras substâncias podem ser encontradas no pólen e conferem características ao produto que condizem com o local de produção. Ao analisar frações obtidas por meio de fracionamento do pólen apícola coletado em Bela Vista, foi possível identificar uma gama de substâncias. A investigação da composição química da fração hexânica de pólen permitiu identificar 16 constituintes, sendo que 51,64% eram alcanos superiores que são constituintes de ceras, ácidos alifáticos e ésteres. Dentre esses, os majoritários são: o ácido hexadecanoico (19,26 %), n-heptacosano (16,99 %),

nonacosano (8,58% %), triacontano (7,21 %), e outros em menores proporções.

A fração etérea de pólen apresentou principalmente ácidos alifáticos (55,45%), dentre eles: o palmítico (hexadecanoico), o linoleico (ácido octadeca-9,12-dienoico), o esteárico (ácido octadecanoico), 21,71% de hidrocarbonetos e esteroides. Na fração acetato de etila foram identificados, dentre outros, glicerol, ácido D-lático, ácido propanoico, ácido manônico e ácido 2-ceto-glicônico. O constituinte majoritário desta fração foi o glicerol 13,44%. Os principais constituintes da fração hidroalcoólica de pólen foram carboidratos, como sorbitol, xilopiranosose e monossacarídeos (frutose), que justifica o valor nutricional do pólen. Alguns compostos foram comuns às frações: etérea, acetato e hidroalcoólica, como: glicerol, ácido lático, hidrocarbonetos. O principal constituinte identificado na fração hidroalcoólica de pólen foi a frutose com 36,62%.

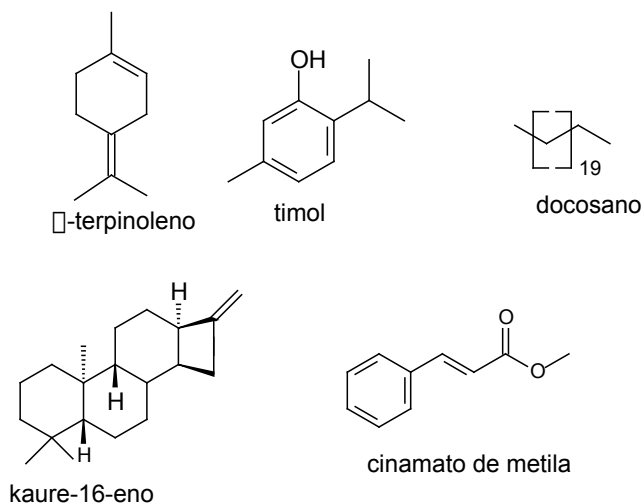


Figura 5. Compostos identificados em pólen apícola

Fonte: Lustosa, 2012.

Além de todos os benefícios que o pólen exerce às abelhas, como o nutricional, ele também possui papel importante no complemento da nutrição humana, pois é uma fonte importante de proteínas. Devido a esta variação em sua composição, o pólen possui diversas propriedades biológicas. É utilizado como suplemento alimentar e de saúde, contendo atividades antioxidantes (Duran et al. 2019; Almeida et al. 2017), anti-inflamatórias (Lopes et al. 2019; Eteraf-Oskouei et al. 2020), anti-carcinogênicas (Pinto et al. 2010; Wu e Lu, 2007), anti-aterosclerótica, antibactericida e antifúngica (Kaškonienė et al. 2020, Denisow et al. 2016).

### 3.3 Análise Palinológica

Lustosa (2012) realizou a análise polínica de mel, pólen e própolis de produtos coletados no município de Bela Vista, no Piauí, cuja identificação dos gêneros e famílias dos grãos de pólen foi realizada por especialista do Instituto de Botânica (São Paulo). O tipo polínico mais frequente nas amostras de pólen pertence à família Leguminosae (*Machaerium* sp). O tipo *Machaerium* sp. atingiu o maior percentual entre todos os tipos polínicos das amostras de pólen (PD: 95,09%). Na avaliação das amostras da própolis prevaleceram as famílias Leguminosae (*Piptadenia moniliformis* 30,52%, *Anadenanthera* sp. 11,03% e *Mimosa caesalpiniiifolia* 6,40%), Anacardiaceae (*Schinus* sp. 8,54%), Combretaceae (*Combretum* sp. 9,09%), e Rubiaceae (*Borreria* sp. 5,52%), o que demonstra uma característica multifloral. Dentre as espécies vegetais dos tipos polínicos observados na própolis, somente as de *Anacardium*, *Hyptis*, *Schinuse* *Vernonia* são consideradas fontes de resina, podendo ser do tronco ou de botões foliares (Bastos et al., 2000; Park et al., 2002; Teixeira et al., 2003; Salatino et al., 2005; Sawaya et al. 2006). Os restantes dos grãos de pólen provavelmente foram incorporados na própolis por contaminação anemófila (vieram pelo ar e se grudaram nas resinas) ou foram provenientes dos estoques alimentares, cuja movimentação das abelhas dentro das colmeias facilitou se fixarem ao produto. A determinação da origem vegetal da própolis é complicada porque muitas vezes há resina de mais de uma fonte vegetal em uma única amostra de própolis e a análise polínica sozinha não consegue certificar as amostras (Salatino et al., 2011). Os tipos polínicos encontrados e classificados de acordo com a frequência estão dispostos na Tabela 2. A Figura 6 apresenta foto micrografias dos principais grãos de pólen encontrados em pólen apícola, própolis e mel.

Família	Tipos polínicos	Mel	Pólen	Própolis
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	PII		
	<i>Anacardium</i> sp			PIO
	<i>Schinus</i> sp			PII
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i> sp			PIO
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>		PIO	
Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp			PIO
Combretaceae	<i>Combretum</i> sp			PII
Curcubitaceae	<i>Cayaponia</i> sp			PIO
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp		PIO	PIO
Leguminosae tipo 1			PIO	

Gentianaceae	<i>Schultesi</i> asp			PIO
Lamiaceae	<i>Hyptiss</i> p			PIO
Leguminoseae	<i>Anadenanther</i> asp	PD	PIO	PII
	Caesalpinia tipo 1			PIO
	Caesalpinia tipo 2		PIO	
	<i>Caesalpinia</i> sp	PIO		
	Caesalpiniaepeltophoroides			PIO
	<i>Ing</i> asp			PIO
	<i>Machaerium</i> sp	PA	PD	PIO
	Mimosa caesalpiniiifolia			PII
	Mimosa setosa			PIO
	Mimosa somnians			PII
	Piptadeniamonilliformis			PA
	<i>Senna</i> sp			PIO
Malvaceae	<i>Sid</i> asp	PIO	PIO	PIO
Nyctaginaceae	<i>Guapir</i> asp		PIO	PIO
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp		PIO	
Poaceae				PIO
Rubiaceae	<i>Borreri</i> asp			PIO
	<i>Richardia</i> sp			PIO
	<i>Spermacoce</i> sp			PIO
Turneraceae	<i>Turner</i> asp	PIO		
Não determinado			PIO	PII

Tabela 2. Espectro polínico de mel, pólen e própolis do município de Bela Vista do estado do Piauí

Legenda: PD = pólen dominante, com frequência maior que 45% do total de grãos de pólen, PA = pólen acessório, de 16 a 45%, PII = pólen isolado importante, de 3 a 15% e PIO = pólen isolado ocasional, frequência menor que 3%.

Fonte: Lustosa (2012).

Os tipos polínicos mais frequentes nas amostras de mel pertencem ao gênero *Anadenanthera* sp., pólen dominante com 70,46%, e *Machaerium* sp. (pólen acessório: 16,27%). *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan ocorre no Piauí e apresenta floração a partir da estação seca e mais abundantemente na chuvosa, oferecendo néctar e pólen

em suas numerosas flores estaminadas, tendo como polinizadores principais as abelhas (Borges et al. 2017; CRIA, 2020). O tipo polínico *Machaerium* pode englobar várias espécies e gêneros de plantas com mesma morfologia polínica, geralmente muito nectaríferase importantes para a Apicultura (Bosco e Luz, 2018). Essa tipificação é importante para garantia do controle de qualidade do produto. Foram identificados os seguintes tipos polínicos com frequências abaixo de 15%: *Anacardium occidentale*, *Sida* sp., *Turnera* sp., *Passiflora* sp., *Schinus* sp., *Amaranthus* sp., *Vernonia* sp., *Cobretum* sp., *Croton* sp., *Schultesia* sp., *Hyptis* sp., *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Caesalpineia* sp., *Mimosa somnians*, *Mimosa setosa*, *Borreria* sp., *Richardia* sp., *Guapira* sp. e *Spermacoce* sp.

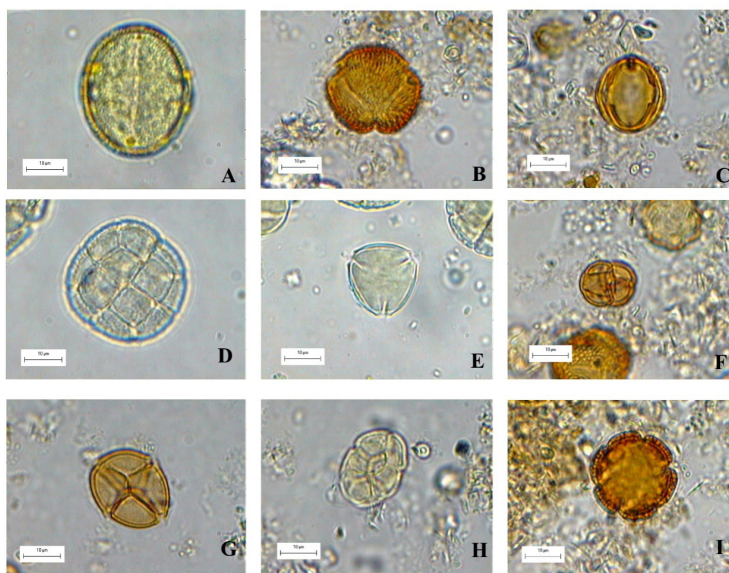


Figura 6. Fotomicrografias dos principais tipos polínicos observados nas amostras de mel, pólen apícola e própolis do apiário de Bela Vista, Piauí, Brasil.

Legenda: **A.** Anacardiaceae, *Anacardium occidentale*, vista equatorial. **B.** Anacardiaceae, *Schinus*, Vista polar. **C.** Combretaceae, *Combretum*, vista equatorial. **D.** Leguminosae, *Anadenanthera*, vista frontal da políade. **E.** Leguminosae, *Machaerium*, vista polar. **F.** Leguminosae, *Mimosa caesalpiniiifolia*, vista lateral da ditétrade. **G.** Leguminosae, *Mimosa somnians*, vista frontal da tétrade. **H.** Leguminosae, *Piptadenia moniliformis*, vista lateral da políade. **I.** Rubiaceae, *Borreria*, vista polar. Escalas nas figuras = 10 µ.

Dependendo do período do ano a contribuição das espécies vegetais varia bastante para a produção de produtos apícolas. Estudos da Embrapa Meio-Norte no Piauí destacam as principais espécies de acordo com a época. No período chuvoso piauiense algumas plantas são mais visitadas pelas abelhas por conta da maior oferta de néctar e pólen,

dentre elas: *Croton campestris*, *C. sonderianus*, *Prunella vulgaris*, *Pterodone marginatus*, *Cordia suberba*, *Helicteres guazumifolia*, *Jacaranda* sp., *Anemopaegma* sp., *Sida ciliaris*, *Mansoa difficilis*, *Richardia brasiliensis*, *Mimosa bimucronata*, *Justicia* sp., *Arrabidaea chica*, *Waltheria americana*, *Piptadenia obliqua* e *Mimosa verrucosa*. Já durante a estação seca as principais espécies envolvidas são: *Ximenia americana*, *Anemopaegma chamberlaynii*, *Terminalia fagifolia* e *Mansoa difficilis* (Pereira et al., 2006; Pereira et al., 2010).

### 3.4 Teor de Proteínas, Compostos Fenólicos e Flavonoides no Pólen e Própolis

Em relação a quantificação de proteínas, compostos fenólicos e flavonoides presentes nos produtos adquiridos de Bela Vista – Piauí, o pólen e a própolis apresentaram valores proteicos de  $16,64 \pm 0,02$  e  $7,87 \pm 2,48$  respectivamente. A grande variabilidade do conteúdo de proteínas encontrados no pólen apícola pode ser explicada pela variação da composição natural do pólen. As variações são influenciadas pela origem floral, biológica, ecológica, geográfica e fatores ligados à produção e as condições de estocagem (Medeiros, 2017). O conteúdo total de proteínas no pólen é considerado uma medida do seu valor nutricional. As abelhas coletam pólen com teores de proteínas variando de 12% a 61% em todas as plantas (Human; Nicolson, 2006).

O pólen e a própolis contêm muitos compostos fenólicos, especialmente flavonoides e ácidos fenólicos. A determinação do teor de fenóis e flavonoides em pólen e própolis são parâmetros que justificam algumas propriedades biológicas como, por exemplo, atividade antioxidante. O teor de compostos fenólicos e flavonoides de pólen e própolis estão mostrados na Tabela 3. O maior teor de compostos fenólicos e flavonoides de própolis foi observado na fração acetato de etila ( $391,80$  e  $142,28$  mg/g de amostra, respectivamente).

Amostras	Fenóis totais (mg de EAG/g de amostra $\pm$ Dp)	Flavonoides (mg de ER/g de amostra $\pm$ Dp)
<b>Pólen</b>		
Fração hexânica	$85,67 \pm 0,82$	$137,91 \pm 0,50$
Fração etérea	$128,20 \pm 29,03$	$158,16 \pm 17,24$
Fração acetato de etila	$127,88 \pm 16,53$	$117,89 \pm 14,29$
Fração hidroalcoólica	$120,54 \pm 36,49$	$95,43 \pm 1,45$
<b>Própolis</b>		
Fração etérea	$149,14 \pm 1,28$	$69,54 \pm 9,87$
Fração acetato de etila	$391,80 \pm 16,04$	$142,28 \pm 2,7$
Fração hidroalcoólica	$147,77 \pm 5,00$	$25,02 \pm 0,17$

Tabela 3. Teor de compostos fenólicos e flavonoides de pólen e própolis

Legenda: EAG: equivalente de ácido gálico; ER: equivalente de rutina.

Fonte: Lustosa (2012).

Segundo a literatura, alguns dos compostos fenólicos identificados em pólen apícola são: Chalcona, Ácido rosmarínico (derivado), *N'*, *N''*, *N'''*-tris-p-coumarilespermidina, *N'*, *N''*, *N'''*-tris-p-ferulilespermidina e derivado do ácido cinâmico (Negri et al., 2011; Almaraz-Abarca et al., 2007). Dentre os flavonoides, pode-se encontrar canferol, miricetina, quercetina, isoramnetina, galangina, rutina, canferide, apigenina, acetina, crisina, naringenina, naringina, pinocebrina, sakuranetina e outros (Medeiros, 2017).

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise polínica é essencial na caracterização do mel, pólen e própolis apícola, sendo possível identificar os tipos polínicos existentes nas amostras, que em conjunto com os levantamentos florísticos realizados nas áreas dos apiários, podem ser relacionados as espécies que contribuem para a composição do produto, além de ser de fundamental importância para garantir qualidade e segurança para consumo humano, visto que a procura por esses alimentos cresce cada vez mais pelo fato de serem ricos em nutrientes. Além de nutrientes e grãos de pólen, esses produtos também são ricos em outros compostos, como as substâncias voláteis, que agregam características específicas de cada produto. A atividade antioxidante é bastante relatada na literatura para esses alimentos, sendo constatada a presença de compostos fenólicos e flavonoides responsáveis por essa ação. O estudo dessas características é imprescindível para promover melhorias na produção apícola junto aos produtores, de modo a garantir produtos mais elaborados e agregando valor pela certificação de origem.

## REFERÊNCIAS

Ahangari, Z; Naseri, M; Vatandoost, F. **Propolis: chemical composition and its applications in endodontics**. Iranian endodontic journal, v. 13, n. 3, p. 285-292, 10 jul. 2018.

Al-ani, I., Zimmermann, s., Reichling, J., ;Wink, M. **Antimicrobial activities of European propolis collected from various geographic origins alone and in combination with antibiotics**. Medicines, v. 5, 2018.

Almaraz-Abarca, N., Campos, M. G., Ávila-Reyes, J. A., Naranjo-Jimenez, N., Corral, J. H., González-Valdez, L. S. **Antioxidant activity of polyphenolic extract of monofloral honeybee-collected pollen from mesquite (*Prosopis juliflora*, Leguminosae)**. Journal of Food Composition and Analysis, v. 20, p. 119 – 124, 2007.

Almeida, J. De F., Reis, A.S. Dos Heldt, L.F.S., Pereira, D., Bianchin, M., Moura, C. De, Plata-oviedo, M.V., Haminiuk, C.W.I., Ribeiro, I.S., Luz, C.F.P. Da, et al. **Lyophilized bee pollen extract: a natural antioxidant source to prevent lipid oxidation in refrigerated sausages**. LWT - food science and technology, vol. 76, p. 299–305, 2017.

Alotaibi, Saqer S. et al. **Pollen molecular biology: applications in the forensic palynology and future prospects: a review**. Saudi journal of biological sciences, 2020.

- Ares, Ana M. et al. **Differentiation of bee pollen samples according to their intact-glucosinolate content using canonical discriminant analysis.** LWT, p. 109559, 2020.
- Badria, F; Fathy, H; Fatehe, A; Ahmed, M; Ghazy, M. **Chemical and biological diversity of propolis samples from bulgaria, libya and egypt.** Journalofapitherapy, v. 4, n. 1, p. 17, 2018.
- Barth, O.M. **O pólen no mel brasileiro.** Editora Luxor, Rio de Janeiro, 1989.
- Barth, O.M. **Pollen analysis of Brazilian propolis.** Grana, v. 37, p. 97–101, 1998.
- Barth, O.M. **Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bee.** Scientia Agricola, v. 61, p. 342-350, 2004.
- Bastos, E.M.; Oliveira, V.D.C.; Soares, A.E.E. **Microscopic characterization of the green própolis, produced in Minas Gerais state, Brazil.** Honeybee Science, v. 21, p.179-180, 2000.
- Borges, L.A., Machado, I.C., Lopes, A.V. **Bee pollination and evidence of substitutive nectary in *Anadenanthera colubrina* (Leguminosae-Mimosoideae).** Arthropod-Plant Interactions, v. 11, p. 263–271, 2017.
- Bosco, L. B.; Luz, C. F. P. **Pollen analysis of Atlantic forest honey from the Vale do Ribeira Region, state of Sao Paulo, Brazil.** GRANA, v. 57, n. 1-2, p. 144-157, 2018.
- BOULANGER, R.; CROUZET, J. **Free and bound flavour components of Amazonian fruits: 3-glycosidically bound components of cupuacu.** FoodChemistry, v. 70, p. 463-470, 2000.
- Buainain, A.M.; Batalha M.O. **Cadeia produtiva de flores e mel,** Série Agronegócios, v. 9, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura; Antônio Márcio Buainain e Mário Otávio Batalha (coordenadores), Brasília: IICA: MAPA/SPA. 140 p., 2007.
- Brasil. Ministério da agricultura e abastecimento. **Instrução normativa nº 3, de 19 de janeiro de 2001.** Publicado no diário oficial da união de 23/01/2001, seção 1, página 18.
- Cabral, I. S. R.; Oldoni, T. L. C.; Prado, A.; Bezerra, R. M. N.; Alencar, S. M.; Ikegaki, M.; Rosalen, P. L. **Composição fenólica, atividade antibacteriana e antioxidante da própolis vermelha brasileira.** Química Nova, v. 32, p. 1523-1527, 2009.
- Caland-Neto, L. B. **Caracterização da própolis de Pio-IX através de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas e infusão direta via ionização por eletrospray acoplada à espectrometria de massas sequencial de alta resolução.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Piauí, Brasil, 2010.
- Caldas, F, et al. **Chemical composition, antiradicalar and antimicrobial activity of fabaceae pollen bee.** Química nova, v. 42, n. 1, p. 49-56, 2019.
- Campos, M. G.; Bogdanov, S.; Almeida-Muradian, L. B.; Szczesna, T.; Mancebo, Y.; Frigerio, C.; Ferreira, F. **Pollen composition and standardisation of analytical methods. Journal of apicultural research and bee world.** v. 47, n. 2, p. 154 –161, 2008.



Cano, C.B.; Luz, C.F.P.; Ferigolli, E.G.; Artioli, M. **A inserção das Comunidades Quilombolas do Vale do Ribeira na cadeia produtiva do Mel.** Biblioguías - Repositorio Digital da Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - Repositório de casos sobre o Big Push para a Sustentabilidade no Brasil, p. 1-19, 2019. Disponível em <https://biblioguias.cepal.org/bigpushparaasustentabilidade>

CRIA (Centro de Referência e Informação Ambiental). SpeciesLink - simplesearch. Disponível em <http://www.splink.org.br/index>. Acesso em 02-07-2020).

De Christo, S.; Marcella, M et al. **Wound healing activity of terpinolene and  $\alpha$ -phellandrene by attenuating inflammation and oxidative stress in vitro.** Journal of tissue viability, v. 28, n. 2, p. 94-99, 2019.

De Mattos, I. M.; Souza, J.; Soares, A. E. E. **Análise dos efeitos de variáveis climáticas no desempenho de forrageamento de pólen de abelhas apismellifera.** Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia, v. 70, n. 4, p. 1301-1308, 2018.

Denisow, B.; Denisow-Pietrzyk, M. **Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review.** Journal of the science of food and agriculture, v. 96, n.13, p. 4303-4309, 2016.

Duran, A; Quicazan; Zuluaga-dominguez C. **Effect of solar drying process on bioactive compounds and antioxidant activity in vitro of high andean region bee pollen.** Chemical engineering transactions, v. 75, p. 91-96, 2019.

Eteraf-Oskouei, T; Shafiee-Khamneh, A; Heshmati-Afshar, F; DelazarA. **Anti-inflammatory and anti-angiogenesis effect of bee pollen methanolic extract using air pouch model of inflammation.** Res pharm sci. v. 15, p. 66-75, 2020.

Erdtman, G. **The acetolysis method.** Svensk Botanisk Tidskrift, v. 54, p.561-564, 1960.

Hodges, C. R.L; Delaplaine, K. S; Brosi, B. J. **Textured Hive Interiors Increase Honey Bee (Hymenoptera: apidae) propolis: hoarding behavior.** Journal Of Economic Entomology, v. 112, n. 2, p. 986-990, 28 nov. 2018.

Human, H.; Nicolson, S. W. **Nutricional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *aloe greatheadii* var. *Davyana* (asphodelaceae).** Phytochemistry, v.67, p. 1486-1492, 2006.

Hyde, H.A.; Williams, D.W. **The Right Word.** Pollen Anal. Circ., v. 8, p. 6, 1944.

IBGE/MMA. **Mapa de Biomas do Brasil - Primeira Aproximação**, 2004. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>, acessado em julho de 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4ª ed., versão eletrônico 1. São Paulo: IMESP, p. 1020, 2008.

Kaškonienė, V.; Adaškevičiūtė, V.; Kaškonasb, P.; Mickienė, R.; Maruškaa, A. **Antimicrobial and antioxidante activities of natural and fermented bee pollen.** Food bioscience. v. 34, p.1-9, 2020.

Kaskoniene, v.; Venskutonis, p. R.; Ceksteryte, v. **Composition of volatile compounds of honey of various floral origin and beebread collected in lithuania.** Foodchemistry, v. 111, p. 998-997, 2008.

Kilic, A., Hafizoglu, H., Kollmannsberger, H., AND Nitz, S. **Volatile constituents and key odorants in leaves, buds, flowers, and fruits of *Laurus nobilis* L.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 52, p. 1601-1606, 2004.

Lacerda, R.C.C; Tiveron, A.P; De Alencar, S.M. **Própolis e segurança alimentar. Segurança alimentar e nutricional**, v. 18, n. 2, p. 99-106, 2011.

Lima Neto, J. S. **Pólen de abelhas sem ferrão (*scaptotrigona* sp.) de monsehorgil-pi: análise palinológica, constituintes químicos e estudo cinético frente ao dpph.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Piauí, Brasil, 2009.

Lopes, A.J.O.; Vasconcelos, C.C.; Pereira, F.A.N.; Silva, R.H.M.; Queiroz, P.F.S.Fernandes, C.V.; Garcia, J.B.S.; Ramos, R.M.; Rocha, C.Q.; Lima, S.T.J.R.M.; Cartágenes, M.S.S.; Ribeiro, M.N.S. **Anti-inflammatory and antinociceptive activity of pollen extract collected by stingless bee *melípona fasciculata*.** Int. J. Mol. Sci., v. 20, p. 4512, 2019.

López, B.G.C; Schmidt, E.D; Eberlin, M.N.; Sawaya, A.C.H.F. **Phytochemical markers of different types of red propolis.** Foodchemistry, v. 146, p. 174-180, mar. 2014.

Louveaux J, Maurizio A, Vorwohl G. **Methods of melissopalynology.** Bee World v. 59, p. 139–157, 1978.

Lustosa, M.C.G. **Análise palinológica, investigação da composição química de mel, própolis e pólen de *Apis mellifera* região de Bela Vista-Piauí.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Piauí. Maria do Carmo Gomes Lustosa, 2012.

Luz, C.F.P. **Determinação da origem geográfica e botânica do mel usando a análise palinológica.** O apiário - Revista do Apiário, v. 160, p. 14–17, 2001.

Luz, C.F.P.; Barth, O.M.; Cano, C.B.; Guimarães, M.I.T.M.; Felsner, M.L.; Cruz-Barros, M.A.V.; Correa, A.M.S. **Origem botânica do mel e derivados apícolas e o controle de qualidade.** In: Barbosa, L.M. & Santos Junior, N.A. (Orgs). A Botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas ambientais. Sociedade Botânica Brasileira: São Paulo, p. 1–680, 2007a.

Luz, C.F.P., Thomé, M.L. & Barth, O.M. **Recursos tróficos de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) na região de Morro Azul do Tinguá,** Estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Botânica, v. 30, p. 29-36, 2007b.

Luz, C.F.P.; Esteves, L.M.; Correa, A.M.S.; Cruz-Barros, M.A.V. **A Palinoteca do Núcleo de Pesquisa em Palinologia, Centro de Pesquisa em Plantas Vasculares, Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil.** Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología, v. 14, p. 155-161, 2014.

Machado, C.S; Mokochinski, J.B; Lira, T.O de; Oliveira, F.C.E de; Cardoso, M.V; Ferreira, R.G; Sawaya, A.C.H.F; Ferreira, A.G; Pessoa, C; Cuesta-rubio, O. **Comparative study of chemical composition and biological activity of yellow, green, brown, and red brazilian propolis.**Evidence-based on complementary and alternative medicine, v. 2016, p. 1-11, 2016.

Medeiros, Anna Jacinta Dantas de. **Pólen apícola coletado por abelhas *Apis melífera* L. (africanizadas) no semiárido potiguar**. 2017. 155 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

Mayana, P., Vieira, A. F., Resende, R.B. **Informações de Mercado sobre Mel e Derivados da Colméia: Relatório Completo**, Série Mercado, Brasília: SEBRAE, 243p., 2006.

Maurizio, A. & Louveaux, J. **Pollens de plantes mellifères d'Europe. Union des groupements apicoles français**, Paris, 1965.

Melo, A.A.M. **Perfil químico e microbiológico, cor, análise polínica e propriedades biológicas de pólen apícola desidratado**. Tese de doutorado, São Paulo, 341 p, 2015.

Michener, C.D. **The bees of the World**. Baltimore, The John Hopkins University Press, 2nd ed., 953p, 2007.

Modro, A.F.H., Maia, E., Luz, C.F.P., Silva, I.C.; Message, D. **Subamostragem de pólen apícola para análise melissopalínológica**. Hoehnea, v. 36, p. 709-714, 2009.

Moura, J.T. **Importância e valor nutricional do pólen de *cocos nucifera* para abelhas africanizadas cultivadas no litoral alagoano**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Alagoas, Brasil, 2014.

Mujica, V; Orrego, R; Fuentealba, R; Leiva, E; Zñiga-hernández, J. **Propolis as an adjuvant in the healing of human diabetic foot wounds receiving care in the diagnostic and treatment centre from the regional hospital of talca**. Journal of diabetes research, v. 2019, p. 1-10, 2019.

Naila, A et al. **Classical and novel approaches to the analysis of honey and detection of adulterants**. Food control, v. 90, p. 152-165, 2018.

Negri, G.; Texeira, E. W.; Alves, M. L. T. M. F.; Moreti, A. C. C. C.; Otsuk, I. P.; Borguini, R. G.; Salatino, A. **Hydroxycinnamic acid amide derivatives, phenolic compounds and antioxidant activities of extracts of pollen samples from southeast Brazil**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 59, n. 10, p. 5516-5522, 2011.

Nogueira-Neto, P. **Características diversas, distribuição geográfica e aclimação. In: Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. 1 ed. São Paulo: Nogueirapis, p. 33 -38, 1997.

Park YK, Alencar SM, Aguiar CL. **Botanical origin and chemical composition of Brazilian propolis**. Journal of Agricultura Food Chemistry, v. 50, p. 2502–2506, 2002.

Pereira, F. De M.; Freitas, B. M.; Alves, J. E.; Camargo, R. C. R. De; Lopes, M. T. Do R.; Vieira neto, J. M.; Rocha, R. S. **Flora apícola no nordeste**. Teresina: embrapa meio-norte, 40 p., 2006.

Pereira, L. A.; Lopes, M. T. Do R.; Souza, B. De A.; Pereira, F. De M.; Santos, T. M. V.; Silva, J. I. Da; Rocha, F. S. B. **Inventário florístico de interesse apícola para área de transição cerrado-caatinga do estado do Piauí, Brasil**. Teresina: embrapa meio-norte, 2010.

Pinto, B.; Caciagli, F.; Riccio, E.; Reali, D.; Sarić, A.; Balog, T.; Likić, S.; Scarpato, R. **Antiestrogenic and antigenotoxic activity of bee pollen from *Cystusincanus* and *Salix alba* as evaluated by the yeast estrogen screen and the micronucleus assay in human lymphocytes.** Eur. J. Med. Chem. v. 45, p. 4122–4128, 2010.

Przybyłek, I; Karpinski, Tomasz M. **Antibacterial Properties of Propolis.** *Molecules*, v. 24, n. 11, p. 2047, 2019.

Pohl, P et al. **Element analysis of bee-collected pollen and bee bread by atomic and mass spectrometry—methodological development in addition to environmental and nutritional aspects.** *Trac trends in analytical chemistry*, p. 115922, 2020.

Roubik D.W. **Pollination of cultivated plants in the tropics.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1995.

Salatino, A.; Teixeira, E. W.; Negri, G.; Message, D. **Origin and chemical variation of Brazilian propolis.** *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2, p. 33-38, 2005.

Salatino, A.; Fernandes-Silva, C.C.; Righi, A.A.; Salatino, M.L.F. **Propolis research and the chemistry of plant products.** *Nat. Prod. Rep.*, v. 28, p. 925–936, 2011.

Sawaya ACHF, Cunha IBS, Marcucci MC, Oliveira-Rodrigues RF, Eberlin M. **Brazilian propolis of *Tetragonisca angustula* and *Apis mellifera*.** *Apidologie*, v. 37, p. 398–407, 2006.

Schmitt, T.; Herzner, G.; Weckerle, B.; Schreieir, P.; Strohm, E. **Volatiles of foraging honeybees *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and their potential role as semiochemicals.** *Apidologie*, v. 38, p. 164-168, 2007.

Silva A.C. da. **Implantação da meliponicultura e etnobiologia de abelhas sem ferrão (Melipona) em comunidades indígenas no Estado do Amazonas.** 196 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, Universidade Federal do Amazonas, 2006.

Sobrinho, T. J. S. P.; Gomes, T. L. B.; Cardoso, K. C. M.; Amorim, E. L. C.; Albuquerque, U. P. **Otimização de metodologia analítica para o doseamento de Flavonoides de *Bauhinia cheilantha* (bongard) steudel.** *Química nova*, v. 33, n. 2, p. 288-291, 2010.

Sousa, C. M. M.; Silva, H. R.; Vieira Júnior, G. M.; Ayres, M. C. C.; Costa, C. L. S.; Araújo, D. S.; Cavalcante, L. C. D.; Barros, É. D. S.; Araújo, P. B. de M.; Brandão, M. S.; Chaves, M. H. **Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais.** *Química Nova*, v. 30, p. 351-355, 2007.

Teixeira, E.W.; Message, D.; Meira, R.M.S.A., Salatino, A. **Revisão bibliográfica: indicadores da origem botânica da própolis: importância e perspectivas.** *B. Indústr. anim.*, v. 60, p. 83-106, 2003.

Thakur, M; Nanda, V. **Composition and functionality of bee pollen: a review.** *Trends in food science; technology*, v. 98, p. 82-106, 2020.

Tiveron, A. P., Rosalen, P. L., Franchin, M., Lacerda, R. C. C., Bueno-Silva, B., Benso, B., Alencar, S. M. De. **Chemical characterization and antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activities of south brazilian organic propolis.** *Plosone*, 2016.

Universidade de São Paulo - USP. **Estudo compara propriedades de pólen apícola de todo o país.** 2015. Disponível em: <https://www5.usp.br/85688/estudo-da-fcf-analisa-amostras-de-polen-apicola-de-todo-o-pais/>. Acesso em: 16/06/2020.

Vasilaki, A.; Hatzikamari, m.; Stagkos-Georgiadis, A.; Goula, A. M.; Mourtzinis, I. **A natural approach in food preservation: propolis extract as sorbate alternative in non-carbonated beverage.** Food chemistry, 298. 2019.

Vit, P. **Iniciación a la apiterapia.** Bogotá, Colombia: Editora Universidad de Los Andes; 32 p., 2006.

Vit, P. **Origen botánico y propiedades medicinales del polen apícola.** Revista Médica de la Extension Portuguesa – ULA, v. 3, p. 27-34, 2009.

Vit, P; Huq, F; Barth, O.M.; Campo, M.; Pérez-Pérez, E.M.; Tomás-Barberán, F.A.; Santos, E.L. **Use of Propolis in Cancer Research.** British Journal of Medicine & Medical Research, v. 8, p. 88-109, 2015.

Walczak, M et al. **Surface and antibacterial properties of thin films based on collagen and thymol.** Materials today communications, v. 22, p. 100949, 2020.

Wu, Y.D.; Lou, Y.J. **A steroid fraction of chloroform extract from bee pollen of brassica campestris induces apoptosis in human prostate cancer pc-3 cells.** Phytother. Res. V. 21, P. 1087–1091, 2007.

Yildirim, A; Duran, G.G; DuranN; Jenedi, K; Bolgul, B.S; Miraloglu, M; Muz, M. **Antiviral activity of hatay propolis against replication of herpes simplex virus type 1 and type 2.** Medical science monitor, v. 22, p. 422-430, 2016.

# CAPÍTULO 8

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO RESÍDUO DO PÓLEN APÍCOLA

Data de aceite: 01/10/2020

Data da submissão: 02/09/2020

### Marcos Bessa Gomes de Oliveira

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/  
UESB- Itapetinga/BA.  
<http://lattes.cnpq.br/5320081863945208>

### Carmen Lucia de Souza Rech

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/  
UESB- Itapetinga/BA.  
<http://lattes.cnpq.br/1965864890823553>

### Alexilda Oliveira de Souza

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/  
UESB- Itapetinga/BA.  
<http://lattes.cnpq.br/1082687379842847>

### José Luiz Rech

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/  
UESB- Itapetinga/BA.  
<http://lattes.cnpq.br/9268947806719000>

### Ronaldo Vasconcelos Farias filho

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/  
UESB- Itapetinga/BA.  
<http://lattes.cnpq.br/9402938320781606>

### Débora de Andrade Santana

Universidade do Estado da Bahia/UNEB-  
Salvador/BA.  
<http://lattes.cnpq.br/6027696328179758>

### Daniel Florêncio Filho

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/  
UESB- Itapetinga/BA.  
<http://lattes.cnpq.br/8833403761086300>

### Alex Figueiredo Aguiar

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/  
UESB- Itapetinga/BA.  
<http://lattes.cnpq.br/5483063510486096>

### Ícaro Assunção Costa

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/  
UESB- Itapetinga/BA.  
<http://lattes.cnpq.br/0841471666343913>

**RESUMO:** O pólen apícola é um produto com valor agregado, rico em vários nutrientes benéficos à saúde. No seu beneficiamento é gerado um resíduo que é descartado no meio ambiente, podendo intensificar os problemas ambientais, além da perda de matéria prima com potencial nutricional. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar a prospecção química, quantificar o teor de compostos fenólicos, quantificar o teor de minerais e determinar a atividade antioxidante do extrato aquoso do resíduo. Os resultados evidenciaram que o resíduo estudado apresentou compostos bioativos importantes, bem como exibiu capacidade de sequestrar o radical DPPH. **PALAVRAS-CHAVE:** pólen apícola, resíduo do beneficiamento do pólen apícola, composição química

### CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BEE POLLEN WASTE

**ABSTRACT:** Bee pollen is a product with added value, rich in various nutrients beneficial to health.

In its processing, waste is generated and discarded in the environment, which can intensify environmental problems, beyond the loss of raw material with nutritional potential. In this context, the present work aimed to carry out chemical prospecting, quantify the content of phenolic compounds, quantify the content of minerals and determine the antioxidant activity of the aqueous extract of waste. The results showed that the pollen waste studied showed important bioactive compounds, as well as exhibiting the ability to sequester the DPPH radical.

**KEYWORDS:** Bee pollen, bee pollen processing waste, chemical composition

## INTRODUÇÃO

O pólen apícola é o resultado da aglutinação do pólen das flores, feito por abelhas operárias, com néctar (e/ou mel) e suas substâncias salivares, podendo ser coletado por apicultores na entrada da colméia (CAMPOS, 2010; NASCIMENTO, 2018). Este produto natural contém elevados teores de carboidratos (13-55%), proteínas (10-40%), lipídios (1-13%), além de aminoácidos essenciais, ácidos graxos, minerais e quantidades significativas de várias vitaminas: pró-vitamina A, vitamina E (tocoferol), niacina, tiamina, ácido fólico e biotina (CAMPOS, 2010; CAMPOS 2008; THAKUR & NANDA, 2020). Por ser um produto terapêutico valioso, com potencial para uso médico e aplicações nutricionais, o pólen apícola vem ganhando destaque na comunidade científica (NASCIMENTO, 2018).

A retirada do pólen das plantas é realizada pelas abelhas e o material é transportado nas corbículas (cestas) das patas posteriores. O pólen é coletado utilizando equipamentos especiais denominados coletores de pólen que são colocados na entrada da colmeia. No retorno das abelhas à colmeia, ao passar pela grade de retenção, o pólen cai da corbícula e fica armazenado na caixa coletora (BARRETO, 2005; LENGLER, 2002). No final da coleta, observa-se um material na forma de pelotas de grãos com coloração variável, indicando as diversas espécies botânicas coletadas pelas abelhas, formando uma mistura denominada por “mix” polínico (BARRETO, 2005). O apicultor recolhe o material em recipientes apropriados e transportam para o beneficiamento. Como o pólen apresenta um alto nível de umidade em sua composição, faz-se necessário realizar a desidratação para evitar a fermentação e a rápida deterioração, aumentando assim a vida útil do produto (ARES, 2018; BARRETO, 2005; LENGLER, 2002).

Após o processo de secagem, o pólen apícola desidratado é encaminhado para separação das sujidades como patas, asas de abelhas, pedaços de folhas, bem como, para separar grumos de pólen (grãos grandes, grãos pequenos) do pó do pólen (resíduo do processamento). De acordo com Barreto et al. (2005), o processo de peneiramento consiste no uso de peneiras classificatórias que é um instrumento utilizado na remoção do pó de pólen e para desgrudar grumos de pelotas de pólen formadas no processo de desidratação, separando o pó e possíveis resíduos da parte comercial.

O resíduo gerado é descartado e como todo resíduo orgânico poderá intensificar os problemas ambientais, pois o descarte inadequado em aterros leva ao aumento de

emissões de gases estufa, 45-75% de metano (CH<sub>4</sub>) e 20-45% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), durante a decomposição da matéria orgânica (BADONG & CAPANGPANGAN, 2019), além de provocar a eutrofização dos recursos hídricos.

O descarte de resíduos agrícolas representa a perda de muitas substâncias de alto valor nutricional e, se forem empregadas tecnologias adequadas, estes materiais podem ser convertidos em produtos ou matérias-primas para processos secundários.

Nesse contexto, considerando a composição rica em nutrientes do pólen apícola, especialmente de compostos bioativos, objetivou-se no presente trabalho, realizar ensaios de prospecção química, quantificar os principais minerais, quantificar os compostos fenólicos e determinar a atividade antioxidante desse resíduo, com a perspectiva de aplicação como complemento nutricional em rações. A pesquisa tem um forte apelo ambiental e econômico, pois além de evitar o descarte inadequado do resíduo no meio ambiente, causando impactos negativos, também sinaliza para a possibilidade de lhe conferir uma aplicação como suplemento na alimentação de animais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O resíduo do pólen apícola (RAP) foi gentilmente cedido pela Cooperativa de Apicultores de Canavieiras (COAPER), localizada no Sul da Bahia. A COAPER se destaca devido à produção ser realizada durante todo o ano, tendo como florada principal as palmáceas, com destaque para as palmáceas de coco, piaçava e dendê. A Figura 1 ilustra o equipamento de secagem e a imagem do resíduo.



Figura 1. Equipamentos e RAP (resíduo em pó mais o resíduo aglutinado).

Foram realizados ensaios de prospecção química, quantificação do teor de compostos flavonoides e determinação da atividade antioxidante do resíduo.

Os extratos foram preparados agitando-se 1,0 g do RAP com 100 mL de álcool etílico em ultrassom durante 30 minutos. Os ensaios de prospecção química para identificação de metabólitos secundários *in vitro* foram conduzidos seguindo a metodologia descrita por Bessa *et al.* (2007). Foram realizados testes para alcaloides, glucosídeos cardiotônicos,



triterpenos, esteroides, cumarinas voláteis, flavonoides, taninos, saponinas e derivados antracênicos livres (quinonas).

A concentração de flavonoides foi determinada, adaptando-se o método descrito na Farmacopeia Brasileira (2002). Alíquotas de 100,0 µL dos extratos foram transferidas para balões volumétricos de 10 mL, foram adicionados 500 µL de solução metanólica de cloreto de alumínio a 2% (m/v) e o volume completado com solução metanólica de ácido acético a 5% (v/v). Após 30 min., as absorbâncias foram lidas em 425 nm, utilizando-se um espectrofotômetro BioSystems, modelo BTS-330. Para cada amostra foi preparado um branco, transferindo-se uma alíquota de 5mL da amostra e ajustando-se o volume para 10 mL com solução metanólica de ácido acético a 5% (v v-1). A curva de calibração foi realizada com concentrações de 1, 2, 4, 6, 8 e 10 µg/mL-1 de quercetina, transferindo-se volumes adequados de uma solução-estoque de 100 µg/mL-.

Os ensaios de atividade antioxidante foram conduzidos através da redução do radical estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) pelos antioxidantes presentes na amostra, segundo descrito por Brand-Williams et al. (1995), com algumas modificações (SANCHEZ-MORENO et al.,1998). As amostras foram preparadas em tubos de ensaio âmbar onde foram adicionadas diferentes diluições (1,0; 5,0; e 10,0 µg/mL) dos extratos. Em seguida, adicionou-se 3,9 mL da solução de DPPH, a 60 µg mL, previamente preparada. A reação foi mantida a temperatura ambiente por 25 minutos, no escuro. As leituras das absorbâncias foram medidas a 515 nm, sendo o metanol usado como branco. A percentagem de inibição do radical DPPH foi determinada pela Equação 1.

$$\% \text{ Inibição do DPPH}^{\bullet} = \frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{amostra}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100 \quad (1)$$

Os resultados da % inibição DPPH• foram plotados em um gráfico em função da concentração do extrato e através de regressão linear foi encontrado o EC<sub>50</sub>, valor que estima a concentração de antioxidante necessária para inibir 50% do radical DPPH•. As análises foram realizadas em triplicata.

Para determinação do teor de compostos fenólicos totais, foi adotado procedimento proposto por Wettasinghe e Shahidi (1999), utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu. Foram adicionados em tubos de ensaio âmbar 0,250 mL do RFC, 0,250 mL de extrato e 0,5 mL de solução saturada de bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>), sendo o volume da mistura ajustado pela adição de 4 mL de água destilada para alcançar os 5 mL. A mistura foi mantida em repouso à temperatura ambiente por 25 minutos e após este tempo, foi realizada a leitura num comprimento de onda de 773 nm em espectrofotômetro.

O teor de minerais foi determinado pelo método de espectrometria de absorção atômica com plasma indutivamente acoplado. Para isso a amostra foi digerida em bloco digestor pela adição de ácido nítrico e peróxido de hidrogênio. As medidas foram realizadas

em um ICP-OES com visão dupla-radial e axial de marca Optima 7000 DV, Perkin Elmer, Norwalk, USA. O gás utilizado para a formação do plasma e nebulização foi argônio comercial (99,997%). O sistema de introdução da amostra consiste em um nebulizador de fluxo cruzado acoplado a uma câmara de nebulização do tipo Scott. As intensidades de emissão foram medidas nas linhas com maior sensibilidade e ausência de interferências. Os parâmetros instrumentais do ICP OES são: Potência de radiofrequência (KV): 1,3; Vazão do Argônio (L/min): 15; Vazão do gás auxiliar (L/min): 0,2; Vazão do gás Nebulizador (L/min): 0,8; Bomba peristáltica (mL/min): 1,5; Tempo de integração (s): 15 Visão do plasma: Axial; Comprimento de Onda (nm), onde (I) linha atômica, (II) linha iônica. Foram analisados os minerais: Mg (I): 285,213; Zn (II): 206,200; Mn (II): 257,610; Fe (II): 238,204; Cu (I) : 327, 393; Ca (II): 317,933; Na (I): 589, 592; K (I): 766,490. A quantificação foi realizada através de curvas analíticas individuais de padrões de cada elemento mineral foi diluído (tritrisol Merck, em água deionizada e ácido nítrico 2%) em diferentes concentrações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da prospecção química (Tabela 1) evidenciaram que a maioria dos metabólitos analisados foram encontrados no RAP. Detectou-se a presença de alcaloides, triterpenos, flavonoides, cumarinas, taninos e saponinas.

Classes de metabólitos secundários	RAP
Alcaloides	+
Glucosídeos Cardiotônicos	-
Triterpenos	+
Esteroides	-
Flavonoides	+
Cumarinas Voláteis	+
Taninos	+
Saponinas	+
Derivados Antracênicos	-

Tabela 1. Classe de metabólitos secundários presentes no RAP

Os alcaloides são substâncias nitrogenadas de reação alcalina (de onde vem o nome), com um ou mais átomos de carbono, normalmente em estrutura cíclica. Apresentam atividades farmacológicas marcantes e muito diversificadas. Podem acarretar distúrbios neuropsíquicos, principalmente os compostos hiosciamina, escopolamina, atropina. Esta última é usada no tratamento de envenenamento com agrotóxicos fosfatados e carbamatos

(BEVILAQUA *et al.* 2007). Já os triterpenos são compostos que apresentam varias funções biológicas como anti-inflamatória e antitumoral (Cursino, et al., 2009). Com relação aos flavonoides, destaca-se que esta classe de metabólitos secundários apresenta diversos efeitos benéficos à saúde, na prevenção e atenuação do risco de desenvolvimento de determinadas doenças, especialmente em relação à saúde cardiovascular, atividade anti-inflamatória e prevenção de cânceres (WEISBURGER; WILLIAMS, 2000).

As saponinas são surfactantes naturais produzidos por plantas e, também, por alguns animais marinhos e bactérias. Apresentam importantes ações farmacológicas, como redução da taxa de colesterol e triglicerídeos sanguíneos, efeito imunogênico, redução da produção de amônia e controle de parasitas (FRANCIS *et al.* 2002).

Os resultados de atividade antioxidante e do teor de flavonoides totais estão apresentados na Tabela 2. Os flavonoides são varredores de radicais livres de oxigênio, os quais reagem (oxidam) com as células do corpo e em grande quantidade pode afetar o material genético, mais precisamente as moléculas de DNA. Nas plantas, participam da fotossíntese, na etapa de absorção de energia da luz. Apresenta ainda, um vasto poder medicinal, ajudando em ações anti-inflamatórias, anti-hemorrágicas, anti-carcinogênicas e funções nutracêuticas.

	<b>Atividade antioxidante</b>	<b>Flavonoides totais</b>
*EC <sub>50</sub>	g de RAP/g de DPPH'	mgEQ/g de RAP
2,47 g	0,026	11,30±0,21

Tabela 2. Resultados da atividade antioxidante e do teor de flavonoides totais no RAP.

\*CR<sub>50</sub> pelo método DPPH = 60 µg/mL, corresponde a 2,47g do extrato.

Na Tabela 3 estão destacados os resultados encontrados na literatura para o teor de flavonoides totais de amostras de pólen apícola proveniente de diferentes estados brasileiros. Nota-se que o RAP exibiu um teor de flavonoides superior àqueles encontrados para as amostras de pólen avaliadas.

Os teores de compostos fenólicos totais encontrados para o RAP e para o pólen apícola foram 68,67±1,04 e 18,44±1,22 respectivamente. Notou-se que a concentração de compostos fenólicos totais presentes no RAP foi três vezes maior que o valor de referencia do pólen.

Os compostos fenólicos são componentes cujo principal grupo estrutural é o fenol, um anel benzênico ligado a uma hidroxila. Tem como suas propriedades o odor e sabor de vários vegetais, sendo, também, um agente protetor das plantas contra pragas e doenças.

<b>Amostra</b>	<b>mgEQ/g de amostra</b>
Pólen apícola/Paraná	3,31 - 8,5
Pólen apícola/Alagoas	4,68
Pólen apícola/Bahia	3,46
Pólen apícola/Sergipe	4,97
Pólen apícola/Minas Gerais	6,87

Tabela 3. Quantidades de flavonóides totais presentes no pólen coletado em diferentes estados brasileiros.

Fonte: Neves et al., 2009

Os Compostos fenólicos agem como antioxidantes, não somente por sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também em virtude de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de lipídios (Silva et al., 2010).

Segundo Menezes (2009), em termos de proteção dos sistemas biológicos, as principais classes de bioativos encontradas no pólen apícola são os compostos fenólicos. Nos alimentos, esses compostos fornecem características específicas como aroma e adstringência. Nas plantas, são essenciais para o desenvolvimento e reprodução. Existem plantas que utilizam os fenólicos para inibir o crescimento de outras espécies competidoras. Os fenólicos são ótimos sequestradores de radicais livres, diminuindo as chances de câncer, dentre outras doenças, sendo um alimento importante para a saúde humana e animal.

Os resultados para os teores dos minerais avaliados estão destacados na Tabela 4. Os minerais desempenham diversos papéis essenciais no organismo, tanto na sua forma iônica em soluções nos fluidos corporais, quanto como constituintes de compostos essenciais. São fundamentais para a regulação adequada das vias metabólicas e processos fisiológicos e a ingestão adequada desses nutrientes é importante para manter a homeostase, proteção celular, funcionalidade e saúde, enquanto sua deficiência pode desencadear doenças específicas (ARES, 2018).

Os macrominerais são necessários em quantidades de 100 mg ou mais por dia e os microminerais, embora em menor quantidade (miligramas ou microgramas por dia), são também importantes para o organismo humano. Os minerais encontrados em maiores quantidades foram o ferro e sódio. O ferro está envolvido em diversas atividades importantes para o organismo, entre elas, o transporte de oxigênio para todas as células, já o sódio tem como principal função, regular a quantidade de líquido extracelular, bem como o volume de plasma sanguíneo. O sódio também auxilia na condução de impulsos nervosos e no controle da contração muscular.

Considerando os teores de minerais encontrados no RAP, notou-se que apenas o

ferro supre a cota dietética mínima recomendada para adultos, estabelecida pela RDC nº 265 de 22 de setembro de 2005 (Brasil, 2005), que é de 14 mg/100g.

Elemento	mg/100g	Desvio padrão*
Mg	2,414	0,030
Zn	0,448	0,001
Mn	0,403	0,022
Fe	22,977	0,290
Cu	0,065	0,007
Ca	1,762	0,012
Na	22,962	0,178
K	1,991	0,013

Tabela 4. Composição mineral do RAP

\*As medidas foram realizadas em triplicata

## CONCLUSÃO

O resíduo do beneficiamento do pólen, avaliado nesta pesquisa, apresentou em sua composição, espécies bioativas importantes. Além disso, ainda evidenciou potencial antioxidante verificado pela capacidade do extrato do referido resíduo sequestrar o radical DPPH. Os resultados indicaram que o RAP tem potencial nutricional e poderá vir a se constituir em uma alternativa para suplementação de rações.

## REFERÊNCIAS

- ARES, A.M. et al. Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**. v. 147, p. 110–124, 2018.
- BADONG, V.; CAPANGPANGAN, J. Characterization and property of highly efficient toxic metal adsorbent activated and non-activated charcoal derived from waste by-product of jackfruit (*artocarpus heterophyllus lam.*) peel. **Journal of Science and Arts**, v. 19, n. 4, p. 953-960, 2019.
- BARRETO, L.M., FUNARI, S.R., ORSI, R. Composição e qualidade do pólen apícola proveniente de sete Estados brasileiros e do Distrito Federal. **Boletim de Indústria Animal**, v. 62, n. 2, p. 167-175, 2005.
- BESSA, T.; TERRONES, M. G. H.; SANTOS, D. Q. *Avaliação fitotóxica e identificação demetabólitos secundários da raiz de Cenchrusechinatus*. Laboratório de Fitoquímica – LAFIQ, Faculdade de Química – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – M.G. – Brasil. 2007.
- BEVILAQUA, G.A.P.; SCHIEDECK G.; SCHWENGBER, J. E. Identificação e Tecnologia de plantas medicinais da flora de clima temperado. **Circular Técnica 61**. Embrapa. Pelotas, RS. 2007.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVÉLIER, M. E.; BERSSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm-Wiss. Technol.*, London, v.28, p.25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. *Instrução Normativa N.º 03, de janeiro de 2001. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Pólen Apícola*. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 23 jan 2001, Seção 16-1, p. 18-23, 2001.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 23 de setembro de 2005.

CAMPOS, M. G. et al. Pollen composition and standardisation of analytical methods. **Journal of Apicultural Research**, v..47, p.154–161, 2008.

CAMPOS, M. G. et al. What is the future of Bee-Pollen? **Journal of ApiProduct and ApiMedical Science**, v. 2, n. 4, p.131 – 144, 2010

CURSINO, L. M. C.; MESQUITA A. S. S.; MESQUITA, D. W. O; FERNANDES, C. C. et al. *Triterpenos das folhas de *Minquartia guianensis* Aubl. (Olacaceae)*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação de Pesquisas em Botânica – CPBO.182 vol. 39(1), p. 181 – 186, 2009.

Farmacopéia Brasileira 2002. 4. ed. São Paulo: Atheneu. International Conference on Harmonization (ICH) 1996. *Guideline Q2B-Validation of Analytical Procedures: Methodology*. International Conference on Harmonization of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use. Genebra, Suíça.

FRANCIS, G.; KEREM, Z.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. The biological action of saponins in animal systems: review. **British Journal of Nutrition**, v.88, p.587-605, 2002.

LEGLER, S.; *Pólen Apícola*, Universidade Federal de Santa Maria, 2a. ed., 2002; [http://www.brasilapicola.com.br/files/apostila\\_polen\\_picola.pdf](http://www.brasilapicola.com.br/files/apostila_polen_picola.pdf) acessado em agosto de 2020.

MENEZES, J. D. de S. *Compostos bioativos do Pólen apícola*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, do Departamento de Bromatologia, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia/BA, 2009, 63p.

Nascimento AMCB, Luz Jr GE. Bee pollen properties: uses and potential pharmacological applications-a review. **J Anal Pharm Res**. v 7, n. 4, p. 513-515, 2018.

NEVES, L. C. et al. Determinação da atividade antioxidante e do teor de compostos fenólicos e flavonoides totais em amostras de pólen apícola de *Apis melífera*. **Braz. J. Food Technol.**, VII BMCFB. P.107-110, 2009.

SANCHEZ-MORENO, C. J. A., LARRAURIAND, F. SAURA-CALIXTO. *A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols*. **J. Sci. Food Agric.**, v. 76, p. 270-276, 1998.

SALOMÉ, J. A.; SALOMÉ, L. G.; *Manual Prático de Produção de Pólen Apícola*. Florianópolis – SC; página 29, EPAGRI - SC, abril de 1998.

SILVA, M. L. C.; COSTA, M. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B.; Compostos fenólicos,

Carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

THAKUR, M. and NANDA, V. Composition and functionality of bee pollen: A review. **Trends in Food Science & Technology**. v. 98, p. 82–106, 2020.

WEISBURGER, J. H. & WILLIAMS, G. M. The Distinction Between Genotoxic And Epigenetic Carcinogens And Implication For Cancer Risk. **Toxicology Science**; v. 49, p. 231-246, 2000.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F., Evening primrose meal: a source of natural antioxidant and scavenger of free radicals. **J. Agric. Food Chem.** v.47, p.1801-1812, 1999.

## POLLEN GRAINS AND THEIR BENEFITS IN APITHERAPY

*Data de aceite: 01/10/2020*

*Data de Submissão: 04/07/2020*

### Cynthia Fernandes Pinto da Luz

Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em  
Palinologia

São Paulo - SP

<http://lattes.cnpq.br/9803806414020991>

<http://orcid.org/0000-0001-7908-155X>

**ABSTRACT:** Bee pollen can be used in medicine to improve human health. It will show how pollen grains contribute to the therapeutic treatments that use bee products (Apitherapy) due to their various nutritional functions and medicinal properties, as their biochemical components act beneficially on human health. The chapter will also show studies that corroborate that the biochemical components of pollen grains depend essentially on their botanical origin, specifically the plants that are attractive to bees in which they were produced. The pollen grains will be described briefly with respect to their morphological types and bee pollination processes. It also describes the collection methods of bee pollen in the apiaries and the laboratorial method of preparation. It will further describe the methods for identification of the botanical origin through pollen grains. At last medical evidence will be presented to corroborate the health benefits of the use of bee pollen through a synthesis of several results from bibliographic references in the scientific literature.

**KEYWORDS:** bee pollen, therapeutic use of

pollen, pollen and medicine, pollen components, natural product

### OS GRÃOS DE PÓLEN E SEUS BENEFÍCIOS NA APITERAPIA

**RESUMO:** O pólen apícola pode ser usado na medicina para melhorar a saúde humana. Será mostrado como os grãos de pólen contribuem para os tratamentos terapêuticos que utilizam produtos apícolas (apiterapia) devido a suas várias funções nutricionais e propriedades medicinais, pois seus componentes bioquímicos atuam benéficamente na saúde humana. O capítulo também mostrará estudos que corroboram que os componentes bioquímicos dos grãos de pólen dependem essencialmente de sua origem botânica, especificamente das plantas nas quais foram produzidos e que são atrativas para as abelhas. Os grãos de pólen serão descritos brevemente em relação aos seus tipos morfológicos e o processo de polinização pelas abelhas. Também descreverá os métodos de coleta do **pólen** apícola nos apiários e o método laboratorial de preparação. Descreverá também os métodos para identificação da origem botânica pelos grãos de pólen. Por fim, serão apresentadas evidências médicas para corroborar os benefícios à saúde do uso do pólen apícola através da síntese de vários resultados a partir de referências bibliográficas da literatura científica.

**PALAVRAS-CHAVE:** pólen de abelha, uso terapêutico de pólen, pólen e medicina, componentes de pólen, produto natural



## 1 | INTRODUCTION

Pollen grains contribute to therapeutic treatments that use bee products (Apitherapy) due to their nutritional and medicinal properties, as their biochemical components are beneficial to human health. They are notable for containing substances such as carbohydrates, sugars, proteins, lipids, amino acids, micronutrients, minerals and vitamins.

Bee pollen has pharmacological properties as it contains bioactive compounds with antioxidant activity, which helps protect the human biological system. Among the bioactive compounds found in pollen, carotenoids and phenolic compounds (such as flavonoids, phenolic acids and phenolic diterpenes) have various nutritional functions and have been described as biological response modifiers, acting as antioxidants.

The biochemical components of pollen depend essentially on their botanical origin, i.e., from attractive plants to bees in which they were produced. In areas with uneven vegetation, rarely are there any similarities between the bee pollen produced in two different apiaries. Differences occur throughout the year when various flowers blossom at each place. Bee pollen samples produced in each bee colony will present a different pollen composition and consequently unique therapeutic properties.

Knowledge about bee flora is still scarce, and therefore a great deal of scientific research is needed to learn more about plants supplying pollen to bees in different parts of the world. Considering this, it is important to understand how pollen grains are formed in flowers, their role in fertilizing plants and why they are collected by bees.

In industry, bee pollen is beneficial as a food supplement, medicine and for use in cosmetics. In order to produce bee pollen, proper quality control and thorough inspection of products sold on the market are essential. However, many countries adopt illegal practices with regards to registering with regulatory agencies and inspecting bee pollen production chains.

Changes in legislation are essential or even implementing laws and regulations in various countries concerning laboratory testing to certify the botanical origin and biochemical components, as well as for the various stages of production aiming at marketing and medicinal use.

Pollen is one more piece of evidence that shows what is good for bees is also excellent for humanity.

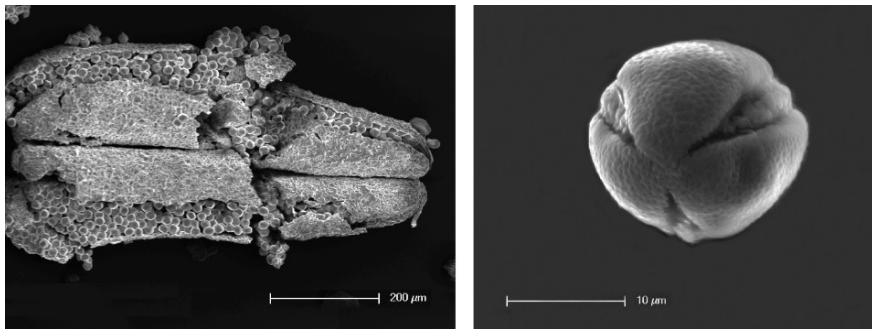
### 1.1 Pollen grains

Pollen grains are very important for plants that produce seeds (spermatophytes). In this category, approximately 270,000 plant species are included, most of them existing land flora. Pollen is important for plants because it contains the male gametes that fertilize the egg and, thus, the embryo is formed in the seeds. The seeds germinate to give rise to new individuals that colonize the environment, expanding their population. In nature, cross-sexual reproduction ensures the genetic variability of the species, between and among

populations, enabling evolution.

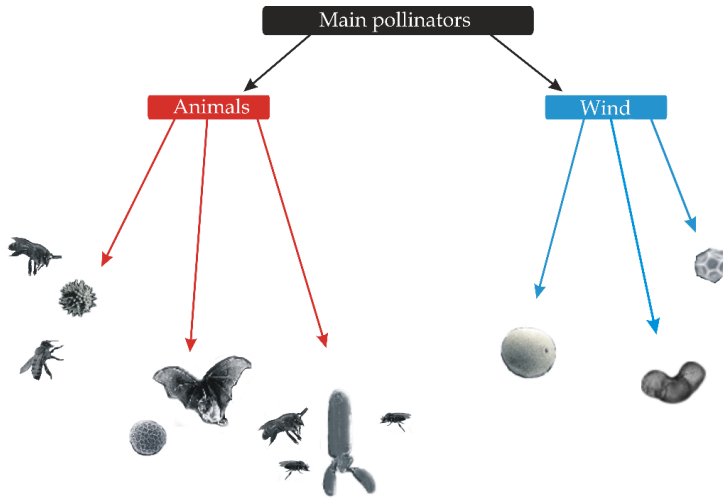
Until the 17th century, nothing was known about pollen and its role as a fertilizing source. It was only in the 18th century that the first observations were made, and experiments were developed showing that without pollen, fruits and seeds did not develop [1].

Produced in large quantities in the anthers of male flowers of Monocotyledons (currently called Liliopsida, which include, for example, lilies, corn and palm trees) and Eudicots (Magnoliopsida, such as guavas, papayas and oranges) as well as, in the anthers of the male cones of Gymnosperms (pine trees, *Araucaria*, conifer trees, cypresses, etc.) together comprise the pollen load of the pollen sac (i.e., each locule of the anther) (Figure 1). Seen with the naked eye, it looks like a very fine powder of various colors from whitish beige to dark brown, going through various shades of yellow.



**Figure 1.** Scanning electron microscope images of anthers and pollen grains. **Left:** Anther with two locules of *Zornia diphylla* (L.) Pers, full of pollen grains. **Right:** A single pollen grain of *Zornia diphylla* (Source: Cynthia F. P. da Luz).

Transporting pollen to the female flower is called pollination and it takes place by pollinators such as wind, water (this type takes place in a small number of plants) or animals such as bees (Figure 2).



**Figure 2.** Pollen grains and main pollinators – the wind and animals (bees, bats, wasps, butterflies, flies). Zoophilous pollen grains generally show complex ornamentation structures and use oils to stick to the body of the animal and may be a single grain or grouped in more than one. The typical pollen grain pollinated by the wind has an aerodynamic shape with simple structures of ornamentation and sometimes with hollow spaces (Source: Cynthia F.P. da Luz).

For fertilization to take place, pollen grains have to attain the pistil of the stigma of the female flower of the same species and, afterwards germinate the pollen tube that takes the male gametes to the ovule inside the ovary (Figure 3). The pollen germ cells secrete enzymes that dissolve tissue and enables pollen tube cell growth.

In most plants, the proteins required for germinating pollen tubes are already found in mature pollen grains [2]. Germination of the pollen tube usually takes place very quickly and its growth rate is extremely high. In corn, for example, tube germination takes place within the first 5 mins of pollen deposition on the stigma, and this increases toward the ovary with rates close to one centimeter per hour, about 50 cm in 36 hours [3]. To conclude, pollen, which is a microscopic cellular structure, therefore has a strong vital potential.



**Figure 3.** Flower morphology of *Bombax* L. (Malvaceae). **a.** anthers, **b.** ovary with ovules; **c.** stamens; **d.** stigma; **e.** pollen grain (scale bar = 10  $\mu\text{m}$ ). Note that in this case, the flower has both male and female organs, which does not always occur in plant species. Drawing done by Cynthia F.P. da Luz.

The science of Palynology studies pollen grains in relation to their structure and formation. The history of Palynology is closely linked to the history of the microscope due to the small size of pollen grains ranging from 5 to 200 micrometers (a micrometer is equal to one millionth of a meter). Furthermore, all progress made in microscope technology reflected in developments concerning knowledge about pollen grain morphology as magnifying lenses and optical instruments had to be invented so that they could be studied.

A pollen grain imagined as a sphere has two poles and an equatorial area. The dimensions of the polar and equatorial axes vary among the pollen of plant species, which causes various shapes (circular, triangular, square, etc.) and surface ornamentation (Figure 4). Morphological analysis of pollen includes a number of descriptions about its size, symmetry, shape, type of apertures and aspects of its surface [4-6].



**Figure 4.** Light photomicrographs (LM) and scanning electron microscope (SEM) images of polyads and pollen grains. **Top:** general view of the polyad of *Calliandra* Benth. (Fabaceae) (LM). **Middle:** general view of the polyad of *Inga* Mill. (Fabaceae) (LM). *Mansoa* DC. (Bignoniaceae) pollen grain (LM). Caesalpinaceae pollen grain (LM). **Bottom:** *Triumfetta* L. (Malvaceae) pollen grain (SEM). *Vernonia* Cass. (Asteraceae) pollen grain (SEM). *Eucalyptus* L'Hér. (Myrtaceae) pollen grain (SEM). *Schinus* L. (Anacardiaceae) pollen grain (SEM) (Scale bar of the LM photomicrographs = 20  $\mu$ m).

The palynological bibliography is extensive as there are pollen catalogs, palynology identification keys and articles of pollen morphology that help identify pollen grains contained in bee products [7-14], among others.

Having this detailed knowledge, it was observed that unrelated plants may have similar pollen while some plant families have more than one type of pollen morphology among their species. Nevertheless, each species generally has pollen with a typical morphology and characterizing it helps palynologists to identify plants in which pollen derives. Thus, their botanical origin can be determined.

## 1.2 Honeybees and pollen: an ancient relationship

Flowering plants were the last group of plants that evolved on Earth. There is some controversy about which period they appeared. The dominant idea nowadays is that similar

structures with floral apparatus first appeared during the Cretaceous period (from 130 to 140 million years before present), whose plants coexisted with dinosaurs. However, in recent geological surveys, six types of fossil pollen grains were found dating back about 250 million years, showing high diversification among flowering plants before the Cretaceous period, during the Triassic period, suggesting that flowering plants originated 100 million years earlier than scientists had previously thought [15-16].

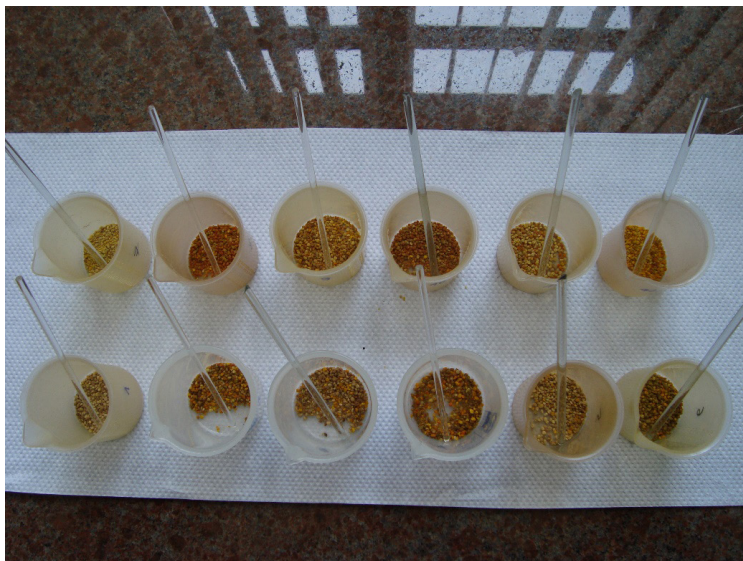
On the other hand, the oldest traces of bees are preserved in small pieces of transparent amber. One of them is a bee which is believed to be more than 100 million years old [17]. Probably bees have an African origin and, as they are very old, they help explain the evolutionary diversification of flowering plants. As scientists suppose that bees essentially always pollinated flowers, it is assumed that they affected the evolution of plants, spreading pollen from certain types of flowers that they preferred to pollinate and, thus helped to “create” new species. Due to the close interaction with bees and other pollinators that are responsible for transporting and spreading pollen, flowering plants have developed various mechanisms to attract them and ensure fertilization, adjusting color, shape and floral scent to each specific pollinator, offering resources such as nectar and pollen [17-18]. Bees and plants mutually benefit from this relationship - the bees need nectar and pollen to sustain themselves and, in turn, the flowers need pollinators to initiate pollination and afterwards develop their seeds [19].

Hymenoptera is the third largest order in terms of number of species of the Insect class, which includes ants, wasps and bees. Most bee species (Apidae) are extremely dependent on floral sources for their survival [20]. Bees are considered more important for the conservation of plant species, for hosting the largest number of pollinators which are found in nectar and pollen, which is their main source of food and energy [21-22].

These sources are used for feeding the offspring (mainly pollen) and the adults (especially nectar) [20]. Worker bees collect pollen from flowers to perform their tasks in the hive due to its high nutritional value. When flying from flower to flower bees spread pollination and are responsible for the production of fruit and seeds of many plant species with seeds in the world and, thus, indirectly ensures the supply to countless other animals [23].

The pollen collected by certain species of bees (including the honeybees *Apis mellifera* L.) from the stamens of flowers is agglutinated into the tibia on its hind legs (called *corbiculae*, *scopas* or pollen basket), moistened with a small amount of nectar and salivary substances, which helps transport large quantities to the hive [24]. Therefore, it is called “pollen pellets”, “bee pollen” or “pollen load” (figure 5) to differentiate pollen from the anthers that were not moistened by saliva or nectar [25].





**Figure 5.** Bee pollen in preparation for laboratory analysis (Source: Cynthia F. P. da Luz).

Honeybees do not consume pollen directly at the harvest site. After flying from flower to flower to collect the pollen, they return to the hive loaded. Each pollen load can weigh from 7.60 to 10.7 mg in honeybees. For every flight that a honeybee makes, it returns to the hive with two pollen loads. Each honeybee can make 80 flights per day. This means that each individual can produce 160 pollen loads daily. As a mature beehive has on average 50,000 honeybees, the bee pollen production can be huge [26].

In a hive, the pollen pellet is pressed into the honeycomb cells that are suitable for storage, which are called “bee bread”. Phytocidal acid produced from the hypopharyngeal glands of these insects is added to the “bee bread” causing pre-digestion of pollen, which prevents germination and fermentation and helps to store it for a long period [24].

After honey, which is prepared from nectar and is the main source of carbohydrates for bees, pollen is the most consumed product in the hive and has the highest content of protein and contains minerals and lipids. Pollen is the main source of protein and lipids for larvae, perhaps for all species and genera of Apidae bees as the amount of protein and fat in the nectar is insignificant. Pollen contains most, if not all, of the essential nutrients to produce royal jelly. Adult worker bees obtain protein feeding directly from the pollen as the larvae of both sexes and the queen throughout her five-year life cycle receive royal jelly enriched with pollen produced by the worker bees [27]. It is estimated that every worker bee consumes around 120 mg of pollen during their short life of 28 to 48 days.

Therefore, for an average developed beehive, it is calculated that 40 to 60 kg of pollen is consumed per year [28]. Thus, pollen is essential for the growth and development of all individuals of a bee colony. Without it, the swarm does not develop and in a short amount of

time (three to four days) it can die. However, pollen grains have different nutritional content for bees, as they differ in their chemical composition depending on the production plant [29-37]. Ultimately, their nutritional value depends on the physical and chemical availability of the soil and the environment in which the plant lives. It is known that bees fed with particular types of pollen develop faster than other types, because each pollen type has a different amount of vitamins, proteins, carbohydrates, minerals and sugars [38].

Therefore, it is important to emphasize that the medicinal properties of bee pollen depend on bee flora surrounding the apiary. In their daily search for pollen, honeybees tend to focus on only one flower species whose individuals are brought together in quite a dense population. However, if they do not find an enough quantity, they visit other flowers and can mix diverse pollen types in the same pollen load. The monofloral bee pollen (from the same species) has constant organoleptic and biochemical properties, while the heterofloral (from flowers of various species) have varying properties.

Knowing the bee flora, i.e. attractive vegetation for bees in an apiary, is essential for controlling a company's productivity and the quality of bee pollen that is produced there. Calendars can be made regarding polliniferous flowering for each location by identifying the plants in an apiary, as well as analysing pollen grains in a laboratory. These calendars show the monthly flow of pollen supply to the bees. This information is essential to help beekeepers choose the best place to put their hives, as well as to check the waiting periods regarding pollen availability (inter-harvest or "non-flowering" period), and proving the botanical and geographical origin of the bee pollen aiming to certify samples sold on a commercial basis [39-43, 30, 44-48].

In countries as large as Brazil, there is very diverse vegetation. Certainly, many botanical species were not observed by beekeepers when the honeybees collected the pollen. Probably, these plants still cannot be found in the scientific literature concerning Neotropical bee flora. Therefore, much research needs to be carried out on the botanical and geographical origin of bee pollen.

## 2 | BEE POLLEN AND HUMAN HEALTH

For centuries, empirical medicine used pollen by attributing different virtues. In ancient Greece, for example, there was the "drink of immortality", which was a mixture of honey and pollen called "Ambrosia" and is considered by the Greeks as the inexhaustible source of power for the body [49-50].

Many benefits are attributed to pollen consumption such as being an extraordinary fortifier of the organism, stimulating and leading to well-being and physical force; a food supplement, which results in functional balance [51]. Various scientific studies have found that bee pollen benefits human health [52-57], among others. In others, their effectiveness could not be proved.



Various issues concerning their production, processing and storage need control to prevent marketing low quality products and ensure safety for human consumption [58].

### 2.3 Collection methods of bee pollen for consumption

Primitive people knew about honeybees and used their products and derivatives. In Europe, Asia and Africa there are reports and drawings that enable us to infer that bees have been exploited by man for almost 50,000 years. Prehistoric drawings in Valencia (Spain), dating back 10,000 years, show a man collecting honey from a hive [59]. However, without the development of beekeeping, i.e. rational beekeeping for commercial purposes, bee products could not have been used by people on a daily basis because removing them without any kind of handling is very complicated and always predatory. The earliest record of keeping bees in hives were found on the walls of the Sun Temple, erected near Cairo. The honeybee was the symbol of Lower Egypt and beehives made of clay and straw were unearthed in archaeological sites indicating that the Egyptians already knew how to handle them about 2,400 years BC. Papyri dated back to 256 BC show a beekeeper who owned 5,000 beehives. From Egypt, beekeeping spread among the Greeks and Romans. Excavations in the Gulf of Salerno found clay amphorae that were still full of honey from apiaries with beehives made of “straw” (“colmo”, “culmo” in Portuguese and Spanish languages) braided in a bell-shape, as the Romans also used to do. Using “straw” (“colmo”, “culmo”) for this purpose gives the name “colmeia, colmena” (honeycomb).

Honeybees have always been very important, so much so that various peoples valued the trade and literature, engraving and stamping bees onto coins, medals and clothing. During the Middle Ages, in some regions of Europe, swarms were recorded in the notary and left inheritance [60-61].

Aristotle, born in Athens (384 to 322 BC), was responsible for the earliest formal studies about bees. However, for centuries beekeeping was rudimentary and primitive. Only in the 17th century, with the help of the microscope, were important discoveries made about the biological aspects of bees and better equipment was invented for their rational culture and economic exploitation.

Nowadays, beekeeping is practised using highly technical and scientific methods. Beekeeping uses equipment and materials especially designed to help collect bee products from apiaries conveniently located aiming to improve the work of bees. Hives are placed in apiaries in strategic areas where there is bee flora, water resources and easy access to agricultural transport [62].

To collect bee pollen from the *corbiculae* of honeybees returning from fields and forests, pollen traps are set at the hive entrance of the strongest colonies, as they store the most. The pollen trap is a kind of screen with narrow openings. When the bees go through the screen, they dislodge the pollen from the *corbiculae*, which is stored on a tray outside. There are many types of pollen traps (Auger-hole, galvanized steel sheet, bottom, frontal,

intermediate, among others). Not all the pollen is collected by the beekeeper so as not to weaken the hive that needs it for their food. As the screen also has larger holes, two thirds become “bee bread”, which is consumed by individuals in the beehive.

Bee pollen has a range of colours due to the fact that it is collected from different floral sources (figure 6). It is not possible to evaluate its botanical origin only by the colouring, as various types of pollen are the same colour [63, 31]. It can be observed from scientific research already carried out that there is inaccurate product labelling of bee pollen sold on the market. Common names presented on labels show plants whose type of pollen was absent or present only at a low percentage, while the dominant pollen in the samples was not mentioned by the bee producer or was not correct. These results show the need to investigate pollen analysis (palynology) in laboratories to determine the floral origin and to certify the quality of the product, even where the biochemical composition meets the official specifications of each country [64]. The physicochemical characteristics and the botanical origin of bee pollen are still not well known, particularly in tropical regions where there is great diversity of bee flora associated with high temperatures and humidity [63, 31].



**Figure 6.** Apiary in the Atlantic forest at Tapiraí municipality, São Paulo, Brazil (24° 02' S, 47° 32' W) and light photomicrographs (LM) images of polyads and pollen grains from bee pollen samples produced in the local. **Top:** general aspect of the flora surrounding the apiary. **Middle:** polyad of *Anadenanthera* Speg. (Fabaceae). *Serjania* Mill. pollen grain (Sapindaceae). *Hyptis* Jacq. pollen grain (Lamiaceae). *Vernonia* Cass. pollen grain (Asteraceae). **Bottom:** general view of the mountains near the apiary and bee pollen collect at the apiary (Scale bar of the LM photomicrographs = 10  $\mu$ m) (Source: Cynthia F. P. da Luz).

In Apitherapy, fresh pollen has a better reputation than dehydrated pollen, however, post-harvest handling is more difficult because it requires refrigerated storage [65]. This is because the composition of bee pollen with a high nutritional value encourages the growth of a wide range of microorganisms. Frozen pollen can have a higher content of phenolic compounds and a higher blocking effect, while dehydrated pollen has a higher content of total flavonoids and antioxidant activity [66].

Food safety is an extremely important aspect to be considered in bee pollen. Some beekeepers are not properly trained to control handling techniques of production and

processing bee pollen, thus ensuring the quality of the product. Technical advice is required and questions arise concerning personal value changes, improving handling techniques, knowledge of good practices and, finally adopting permanent and routine control practices that maintain product quality [50]. As pollen has a level of protein, it can quickly lose its nutritional value if handled or stored improperly [67].

Cleaning equipment and materials used at different stages of producing and processing bee pollen is very important. Various studies have characterized the steps required for collecting, processing and marketing bee pollen [68-71, 58], etc. Quality is guaranteed using simple measures such as: 1) locating the apiary far from any agricultural area that uses pesticides; 2) not medicating bees; 3) maintaining a conduct of sanitation and hygiene at all stages of production and processing; 4) cleaning tools and machinery using hot water before use; 5) containers that hold the product must be new and approved for food use; 6) care must be taken when fumigating because it may produce nasty smells and an unpleasant taste of the bee pollen; 7) manipulation and mixing bee products should be avoided; 8) bee pollen should be stored in a freezer after harvesting it and, 9) never store other products, whatever they are, with bee products [72, 50].

The bee pollen collected from the pollen traps is placed into buckets that are left in freezers for at least 48 hours, before dehydrating the product. The cold destroys mites, eggs and moth larvae that might be in the pollen. The cold also works as a controller and stabilizer for the development and proliferation of microorganisms that came with the product from the fields. After freezing, thin layers of pollen are placed on trays, which are then dehydrated in an oven. The circulation of hot air at 40-42°C takes 8 to 12 hours (or longer, depending on the initial moisture as it arrives at the apiary with about 20-30% of its weight in water), until it reaches the maximum of 4% moisture. Dehydration preserves pollen from deterioration caused by fungi and bacteria [50].

The time of year, it was produced and the permanence of pollen in the apiaries influences contamination by fungi and yeasts, which can cause an accumulation of mycotoxins. These natural contaminants are a result of secondary metabolites of fungi and the most toxic are aflatoxins and ochratoxin A (OTA) [73]. Fungi producers of bee pollen mycotoxins belong to the genera *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* and *Alternaria* [74]. The most commonly found yeast is *Candida magnoliae* [75]. It was observed that most species of bacteria found in pollen come from the pollen traps, suggesting that bees are the main source of contamination. The bacteria that predominated in bee pollen and “bee bread” were species belonging to the genus *Bacillus* (*B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. licheniformis*, *B. pumilis* and *B. circulans*) [75].

Therefore, drying procedures should be optimised to obtain products free from microbial contaminants. According to [70], the drying temperature by hot air up to 42°C is too low and can still allow for microbial growth, and therefore its microbiological quality needs to be constantly evaluated. Microbiological evaluation is what informs us about the

shelf life and potential risks to the health of the population, i.e., the potential to transmit food-related diseases [76].

In the scientific literature, there are even reports about bees collecting fungi (*Cladosporium* sp) to meet the protein needs of their colony due to the low supply of pollen near the apiary [31]. The nutritional composition of fungal loads presented higher levels of protein than the pollen collected in the same period and similar values of ether extract, organic matter, mineral matter and total carbohydrates.

Despite the high protein value of fungi, they are saprophytic (they absorb substances normally from decaying organic matter) and can induce the occurrence of diseases in hives, negatively affecting their balance [31, 77-79]. Nothing is known about the action of these fungal loads collected by bees. Fungal loads are black and have low moisture, which makes them very rigid, but for the layman consumer, there is no way to distinguish them in the commercialized batch as they are mixed with pollen. Only when an expert analyses them in a laboratory will their origin be clear, which is important in terms of quality control for human consumption.

Another relevant issue is buying counterfeit goods. Consumers who buy bee pollen should be aware of the labels, checking if they comply with the standard required by the government health authorities of each country. Analyses should be carried out jointly by various specialists, chemists, microbiologists and palynologists to ensure quality control of bee pollen and the real value of what is being consumed.

## 2.4 Using bee pollen as a food supplement

Conventional wisdom has always attributed healing properties to bee products. However, people do not usually consume pollen. This is probably because their extremely beneficial nutritional properties are unknown. Pollen is consumed daily as a food supplement by natural food lovers, who try to learn about the benefits of food, which make up a balanced diet.

What was considered conventional wisdom is confirmed by science because pollen has almost all the elements that humans need for feeding themselves [80]. Research compared the average protein, fat, minerals and vitamin content of bee pollen with other staple foods. It is richer in ingredients than beef, fried chicken, beans, whole wheat bread, apples, raw cabbage and tomatoes when compared on the basis of weight or calorie content. Although comparable in proteins and mineral content with meat and beans, the average thiamine and riboflavin of bee pollen are ten times higher than these foods or several times in relation to the content of niacin. However, it is usually consumed in such small quantities that the daily requirement of vitamins, minerals and proteins are not only met by using it. Yet, when consumed daily, it can be an important source of essential nutrients in a diet, especially in cases of chronic malnutrition [81].

It should be mentioned that 10 to 33% of bee pollen weight consists of proteins. Half of

the proteins found in pollen is in the form of free amino acids: glutamic acid, arginine, cystine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophan and valine. Therefore, it can be observed how rich this food is as it is one of the few that has all the essential amino acids in its composition that the human body alone cannot synthesize and must be replenished daily by meals [50]. It is also rich in carbohydrates (20 to 40%) or/ and lipids (1 to 14%) [82-86, 25, 27].

Bee pollen is called “a superfood” in academic circles because it contains protein similar to a beefsteak (around 20%). The lipid that the pollen may presents is a lipid with antioxidant properties. Bee pollen has 30% to 40% of three types of sugars: glucose, fructose and dextrins. As they are simple sugars, digestion is quick and the body absorbs them immediately. Therefore, they are excellent for those who need energy immediately. Pollen also provides cellulose fibre with the chemical structure of carbohydrates, which stimulates bowel movements. It also has organic acids, flavonoids, carotenoids, terpenes, free amino acids, nucleic acids, enzymes and growth regulators [82-85, 25, 27].

Bee pollen comprises between 2.5 to 3.5% of micronutrients and minerals (calcium, sulphur, phosphorus, magnesium, potassium, sodium, traces of aluminium, boron, chlorine, copper, chromium, tin, strontium, iron, fluorine, iodine, manganese, molybdenum, nickel, selenium, silicon, vanadium and zinc) [82-86, 25, 27]. Some minerals such as calcium, sulphur, phosphorus, magnesium, potassium, sodium and chlorine are required by our body in relatively high amounts (more than 100mg per day) and, therefore, are called mineral macronutrients or macroelements. Yet, other minerals, such as iron and zinc are called mineral micronutrients or microelements because they are needed by the body in relatively low amounts.

Bee pollen does not only have antioxidant vitamins (vitamins C and E,  $\beta$ -carotene, such as pro-vitamin A), but also those of the B complex ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $B_5$ ,  $B_6$ ,  $B_7$ ,  $B_8$ ,  $B_9$ ) and vitamin D. The percentages of each vitamin vary according to the botanical origin of bee pollen; some have more than others [82-86, 25, 27]. The fat-soluble vitamins (A, D, E, K), which can be stored in body fat, can become toxic when consumed in excess. Whereas water-soluble vitamins ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $B_5$ ,  $B_6$ ,  $B_8$ ,  $B_9$ ,  $B_{12}$ , C) are normally not stored in significant quantities in the body, which leads to the need for daily consumption [87-89]. As pollen is rich in B complex vitamins, it is an excellent vitamin supplement [89].

Therefore, bee pollen may be regarded as a dietary supplement and a nutrient and energy source for humans. It is recommended that five grams of bee pollen is consumed per day or the equivalent of a tablespoon. Intake should not necessarily be in a pure state. There are already many flavoursome ways to ensure a daily intake of this food such as in salad dressings, fruit salad, pates, cakes, pollen biscuits and sweets.

It is worth mentioning, however, that a problem of standardising nutrients that may be present in each batch of commercialised bee pollen is, in most cases, due to the lack of identifying the floral species of the product. It is recognized that each plant species



influences the type and amount of components in pollen. In other words, the physical and chemical composition of commercialised batches of bee pollen depends on its botanical and geographical origin, i.e., climate conditions and the type of soil where the plants grew, as well as the species, age and nutritional status of the plant that produced them. All the various types of pollen found in each sample also influence its biochemical components.

Preserving its biochemical components depends on the production conditions. Due to the nutritional and functional importance of the components found in bee pollen, the various development processes should be controlled and monitored so as to ensure consumers are supplied with all the nutrients to process it, as well as to meet the sanitary requirements and preservation of its organoleptic properties [71].

According to legislation from the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply in Brazil [25], the quality of bee pollen must comply with certain physical and chemical standards and present maximum and minimum requirements: maximum moisture of 4% (dehydrated pollen) or 30% (fresh pollen); maximum ash of 4%; minimum lipids of 1.8%; minimum proteins of 8%; total sugar from 14.5% to 55%; minimum crude fiber of 2%; maximum free acidity of 300 mEq.Kg-1 and pH from 4 to 6. The standards are similar in other countries that already have them such as Argentina and Spain, among others.

Because of its high protein content, storing pollen incorrectly causes a rapid loss of its nutritional value due to Maillard reactions. The Maillard reaction is a phenomenon that affects foods which undergo heating processes, making them browner. On the one hand, the heat ensures microbiological safety, inactivation of certain enzymes, degradation of toxic substances and the development of substances responsible for the aroma, color and flavor, improving its palatability. On the other hand, it can interfere with important nutritional processes such as decreasing the bioavailability of minerals and the biological value of proteins [29, 90]. After consumers buy it, they should avoid storing pollen in places with direct sunlight or excessive heat.

## 2.5 Using bee pollen in cosmetics

In addition to using it as a food supplement, pollen is used in other sectors such as pharmacology, utilized as an ingredient in phyto-aromatic products and cosmetics in sunscreens, creams, masks, lipsticks, soaps, shampoos, etc. [91]. Bee pollen has been included in some cosmetics mainly for rejuvenation and skin nutrition. However, its effectiveness has still not been proved, on the contrary, there is a great risk of part of the population developing skin allergies [81]. Including alcoholic or aqueous extracts in cosmetic formulations does not appear to cause allergic reactions, or rarely causes them [81]. The cause of such allergies is attributed to the type of pollen used in cosmetic products. Some plant families include many plants that have allergenic pollen, such as Poaceae, among others. Therefore, more research is needed concerning this use of bee pollen.

## 2.6 Medicinal properties of bee pollen

Bee pollen stands out in terms of maintaining human health due to its richness in compounds and bioactive properties. Bee pollen can be considered a functional food supplement. “Functional food (containing bioactive compounds) is all food or ingredients that, apart from basic nutritional functions, when consumed in a normal diet, produce metabolic effects and/or is physiologically beneficial to health and should be safe for consumption without medical supervision” (Decree nº 398, 30/04/99 of the Sanitary Surveillance Administration from the Ministry of Health, Brazil). In other words, functional foods are those that contain physiologically active substances (bioactive compounds), providing health benefits, beyond nutrition.

Most functional nutrients have a common property: they are antioxidants. It is well known that free radicals are involved in almost all cell degradation processes such as cardiovascular disease, arthritis, cancer, diabetes, and may also be responsible for Parkinson’s and Alzheimer’s disease [92]. Epidemiological studies indicate that the main antioxidant nutrients are beneficial in preventing various chronic diseases caused by free radicals.

A large number of articles have been published in an attempt to find a relationship between the antioxidant activity and pollen components [93]. It was not possible to establish an absolute link between them, but it was observed that the main role can be attributed to the presence of phenolic compounds in bee pollen [94-98]. It was also observed that antioxidant activity is specific to the species of the pollen producer plant and is independent from its geographical origin and harvest season, and that it decreases when the pollen aged, especially if storage conditions are not ideal [99-100, 96]. In other words, the concentration of bioactive compounds and antioxidant activity of bee pollen may vary due to its botanical origin as observed in various studies [101-103, 86, 93].

Therefore, the antioxidant activity of pollen may be used as a marker for its bioactivity as it is possibly connected to others, for example, anti-inflammatory activity, antiatherosclerotic or anti-cancer [93].

In an interview on Brazilian TV [104], the researcher Dr. Ligia Bicudo de Almeida Muradian from the School of Pharmaceutical Sciences, the University of São Paulo (Brazil) said that research on bee pollen shows that it can help fight ageing diseases because “pollen has three antioxidant vitamins: beta carotene as pro-vitamin A, vitamin C and vitamin E”. Pollen is also rich in vitamin B complex, which helps, for example, the central nervous system to function. It also helps to prevent and treat cataracts. The antioxidant vitamins of pollen are able to stabilise free radicals, which are involved in many degenerative diseases characteristics of ageing, which either come from the outside environment or are natural results of the natural metabolism. Concerning antioxidant activities, the bioactive properties of pollen enhance human health acting as a tonic, antibacterial, antifungal,



anti-inflammatory, immunomodulatory and anti-cancer, exerting antioxidant functions and inhibiting the damaging action of free radicals, helping to delay ageing [104].

Research carried out on hydrosoluble and liposoluble extracts of bee pollen solution showed that pollen has no teratological effect (congenital malformation of the foetus). In addition, they increase protein synthesis, accelerate the wound healing process and increase hepatic triglyceride content. They have remarkable powers on anorexia, weight loss and weakness. In general, pollen shows a positive action on the digestive tract, in the increase in blood hemoglobin, it protects the vascular system; it has a beneficial effect on eyestrain and prostatism and attenuates brain ageing [27, 50, 70, 105-106].

Research carried out on elderly people showed that there may be a positive relationship between the daily consumption of bee pollen and oriented physical activity, enhancing dynamic balance, improving walking time and increasing the strength of the lower limbs [107].

Its effects on arteriosclerosis and tumours proved to be beneficial [108-109].

In traditional Chinese medicine, a mixture of bee pollen from *Radix polygoni multiflore*, *Semen ziziphi spinosae*, *Radix salviae multiorhizae*, *Fructus schisandrae* and *Fructus ligustris lucidae*, known as “NaO Li Su” is used as a “remedy” to treat memory loss [93]. But, [110] evaluated the effect of this preparation in 100 elderly volunteers verifying that after the treatment there was no improvement in memory. However, it generated a significant increase in the number of red blood cells and serum creatinine levels. Based on this study by [110], [93] suggested that the remarkable antioxidant activity of bee pollen may have been the key factor in achieving this result.

Research and clinical tests developed over several decades have shown that bee pollen is effective in the treatment of prostate problems ranging from infection and swelling to cancer [111-112].

Certain bacteriostatic effects have been demonstrated in bee pollen [113], but they were attributed to the addition of glucose oxidase (the same enzyme responsible for antibacterial action in honey) by bees when they mix regurgitated honey or nectar with the pollen in the corbiculae [114]. Therefore, this activity may vary between different pollen loads and is much higher in “beebread” [81].

There is evidence that ingested pollen can protect animals and humans against the adverse effects of x-ray radiation treatments [115].

Despite all the benefits of bee pollen, some care must be taken concerning contamination by toxic components that they may have. Normally, bee pollen is tolerated well by the human organism, although it is known that there are allergenic substances in some kinds of pollen, which can cause anaphylactic reactions in some allergic people [116-117].

Another problem that requires attention in particular, types of pollen is related to possible adverse effects due to pyrrolizidine alkaloids (PA) and their derivatives. The

occurrence of PAs is restricted to Angiosperms and limited to four families: Asteraceae (Senecioneae and Eupatorieae tribe), Boraginaceae, Apocynaceae and the *Crotalaria* genus of Fabaceae [118-119]. The PA content in bee pollen is significantly less than the levels detected in flowers [119]. In 2008 [120] described these alkaloids in the bee pollen of *Echium vulgare*, *Echium plantagineum*, *Eupatorium cannabinum*, *Senecio jacobaea* and *Senecio ovatus*, which are known to have hepatotoxic, pneumotoxic, genotoxic and carcinogenic activity [121]. Any adverse symptoms after ingestion and the use of bee pollen should be investigated by clinicians. Considering the adverse effects of these alkaloids, the botanical origin of pollen for human consumption should be monitored, at least regarding the processing conditions and/or knowledge of the producing regions and should be clearly specified on the label of the commercialised product, which can significantly reduce bee pollen commerce potentially hepatotoxic, carcinogenic and genotoxic.

According to [119], a maximum allowed limit of PAs should be established for bee pollen commerce and bee pollen with high levels of PAs should be taken off the market. However, the author points out that it seems unrealistic, due to the common practice of mixing different batches of bee pollen in sales outlets. Thus, it is suggested that in terms of preventive consumer protection, it would be more effective to train farmers/beekeepers directly to avoid PA accumulating in bee pollen, avoiding bee pollen harvests in blooming seasons which present PAs or moving the hives to another place, minimizing its entry into the food chain.

One of the biggest problems that the world faces nowadays is the use of pesticides and other products in agriculture, which have contaminated bee products. Out of the total number of pesticides used in Brazil, about 30% are insecticides, and from these about 40% are considered toxic to bees [122-123]. Many of the insecticides currently used are systemic and can be found both in plants used by bees in bee products from them, such as pollen and nectar, as demonstrated by [124].

Studies have shown that there are pesticide residues in pollen and nectar samples in flowers and in colony stocks [125-128]. Thus, prior to commercialising bee products from areas affected by pesticide use, their levels in bee pollen produced there should be identified to find out the real risks to human health.

Furthermore, bee pollen analyses from urban areas have confirmed further contamination by pollutants. The scientific literature has shown that bee pollen could be a bio-indicator of environmental pollution and effective control is needed so that the quality is ensured for human consumption. In Brazil, the aluminum, barium and nickel content were the most common inorganic contaminants in bee pollen, followed by chromium, cobalt, cadmium, lead, arsenic, antimony and mercury. If bee pollen from polluted areas is regularly consumed by adults (daily intake of 25g), this can be a vehicle for aluminium and arsenic with average contents of 27% and 12%, respectively, of the tolerable weekly intake [129]. Studies on the botanical origin of samples which are based on Palynology are essential to

identify the bee pollen commerce contaminated by toxic components.

### 3 | CONCLUSIONS

Bee pollen is considered a complete natural food due to the fact that it contains all the essential amino acids needed by human beings. Because of its bioactive properties, bee pollen has a preventive effect against some human diseases. Bee pollen is therefore considered a functional food of high nutritional value.

Given the growing Apitherapy interest in its use, the storage process of bee pollen needs to be controlled and monitored so as to ensure that the product provides consumers with all the nutrients available, maintaining its organoleptic properties. This care ranges from harvesting by beekeepers in the pollen traps to its final storage on the shelves of sales outlets.

Quality control of bee pollen must be strict, evaluating the accuracy of the information on the products' labels. Ideally, each batch sold on the market would show its botanical origin, characterized by the Palynology, as well as its biochemical and nutritional composition according to systematic methods of characterisation concerning their constituents. The allergenic content for each batch of bee pollen commercialised, as well as its microbiological quality, presence of pyrrolizidine alkaloids, pesticides and pollutants should also be subject to ongoing assessment to ensure the safety of consumer products.

However, existing legislation in various places around the world requires none of this and what is worse is that many producers still adopt illegal practices, even selling counterfeit goods. In these places, there is still no official intervention from governments to address these issues of production and commercialising bee pollen. In the tropics, where the flora is diverse and uneven, the inexistence of these analyses leads to errors in labelling and uncertainties in the quality and bioactive properties of the product.

When the quality of the product is ensured, the numerous benefits of bee pollen for human health are guaranteed and its use in Apitherapy is extremely relevant.

### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) [grant numbers 2015/15359-0, 2016/24015-5] and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), under the fellowship of 'Productivity in research' [grant number 304271/2019-5]. The author is grateful to Mr Benedito Antonio Graciano and Ms Maria Isabel Graciano, the owners of the Tapiraí bee colonies used in this study. Thanks are also due to Luciana Benjamin Benatti of the Laboratory of Scanning Electron Microscopy of the Instituto de Botânica, São Paulo, Brazil, for the technical support and access to the scanning electron microscope.

## REFERENCES

1. Wodehouse R.P. {/Authors PT}. {/PT BookTitle}**Pollen grains - their structure, identification and significance in science and medicine**{/BookTitle PT}. {/PT PlaceOfPub}New York, United States of America{/PlaceOfPub PT};{/PT Publisher} McGraw-Hill Publ{/Publisher PT}; {/PT Year}1935{/Year PT}. pp. {/PT TotalPages}30{/TotalPages PT} p.
2. Mascarenhas J.P. {/Authors PT} {/PT ArticleTitle}**Molecular mechanisms of pollen tube growth and differentiation**{/ArticleTitle PT}. {/PT JournalTitle}The Plant Cell{/JournalTitle PT}. {/PT Year}1993{/Year PT};{/PT Volume}5{/Volume PT};{/PT PageRange} 1303-1314{/PageRange PT}.
3. Barnabas B., Fridvalszky L. **Adhesion and germination of differently treated maize pollen grains on the stigma**. Acta Botanica Hungarica. 1984;**30**: 329–332.
4. Barth M.O., Melhem T.S. **Glossário Ilustrado de Palinologia**. Campinas, Brazil: Editora Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); 1988. 75 p.
5. Punt W., Hoen P.P., Blackmore S., Nilsson S., Le Thomas A. **Glossary of pollen and spore terminology**. Rev Paleobot Palynol. 2007;**143**: 1–81.
6. Hesse M., Halbritter H., Zetter R., Weber M., Buchner R., Frosch-Radivo A., Ulrich S. **Pollen terminology: an illustrated handbook**. New York, United States of America: Springer-VerlagWien; 2009. 264 p.
7. Erdtman G. **Pollen morphology and plant taxonomy. An introduction to palynology. I. Angiosperms**. Upsala, Sweden: Almqvist and Wiksell; 1952. 539 p.
8. Erdtman G. **Pollen and Spore Morphology and Plant Taxonomy. An Introduction to Palynology. II. Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta (Illustrations)**. Upsala, Sweden: Almqvist and Wiksell; 1957. 151 p.
9. Erdtman G. **Pollen and Spore Morphology and Plant Taxonomy. An Introduction to Palynology. III. Gymnospermae, Bryophyta (Text)**. Upsala, Sweden: Almqvist and Wiksell; 1965. 191 p.
10. Erdtman G., Sorsa P. **Pollen and Spore Morphology and Plant Taxonomy. An Introduction to Palynology IV. Pteridophyta. (text and additional illustrations)**. Stockholm, Sweden: Almqvist and Wiksell; 1971. 302 p.
11. Faegri K., Iversen J. **Textbook of modern pollen analysis**. Copenhagen: Munksgaard; 1950. 168 p.
12. Melhem T.S., Giuletta A.M., Forero E., Barroso G. M., Silvestre M.S.F., Jung, S.L., Makino H., Melo M.M.R.F., Chiea S.C., Wanderley M.G.L., Kirizawa M. & Muniz C. **Planejamento para elaboração da “Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil)”**. Hoehnea. 1981;**9**: 63-74.
13. Roubik D.W., Moreno P.J.E. **Pollen and spores of Barro Colorado Island**. St Louis, United States of America: Missouri Botanical Garden; 1991. 268 p.
14. Salgado-Labouriau M.L. **Contribuição à Palinologia dos Cerrados**. Rio de Janeiro, Brazil: Academia Brasileira de Ciências; 1973. 291 p. Adams, K. **Genomic Clues to the Ancestral Flowering**

Plant. Science. 2013;**342**(6165):1456-1457.

15. Hochuli P.A., Feist-Burkhardt S. **Angiosperm-like pollen and *Afropollis* from the Middle Triassic (Anisian) of the Germanic Basin (Northern Switzerland)**. *Frontiers in plant sciences*. 2013;**4**: article 344.

16. Poinar G.O., Danforth B.N. **A Fossil Bee from Early Cretaceous Burmese Amber**. *Science*. 2006;**314**(5799):614.

17. Danforth B.N., Sipes S., Fang J., Brady S.G. **The history of early bee diversification based on five genes plus morphology**. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*. 2006;**103**(41):15118-15123.

18. Roubik D.W. **Pollination of cultivated plants in the tropics**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 1995. 196 p.

19. Michener C.D. **The bees of the World**. Baltimore, United States of America: The John Hopkins University Press; 2007. 953 p.

20. Silva A.C. **Implantação da meliponicultura e etnobiologia de abelhas sem ferrão (*Melipona*) em comunidades indígenas no Estado do Amazonas** [thesis]. Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas: Universidade Federal do Amazonas; 2006. 196 p.

21. Nogueira-Neto P. **Características diversas, distribuição geográfica e aclimação**. In: Nogueira-Neto P, editor. *Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão*. São Paulo, Brazil: Nogueirapis; 1997. p. 33-38.

22. Sheperd M., Buchmann S.L., Vaughan M., Black S.H. **Pollinator conservation handbook**. Oregon, Portland: The Xerces Society; 2003. 145 p.

23. Winston M.L. **The biology of the honeybee**. Cambridge, Massachusetts, United States of America: Harvard University Press; 1991. 281 p.

24. Brasil. 2001. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil. **Instrução Normativa nº 3, de 19 de Janeiro de 2001. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Pólen Apícola**. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 23 de janeiro de 2001, Seção 16-I. 2001. p. 18-23.

25. Louveaux, J. **Les realtions abeilles-pollens**. *Bulletin de la Société Botanique de France*. Tome 137. *Actualités Botaniques*. 1990;**2**: 121-131.

26. Moreti A.C.C.C. **Pólen: alimento proteico para as abelhas: complemento alimentar para o homem**. Instituto de Zootecnia de São Paulo; 2006. Available: [http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_3/Polen/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/Polen/index.htm). Access: 12/27/2019.

27. Nogueira-Couto R.H., Couto L.A. **Apicultura: manejo e produtos**. 3ed. Jaboticabal, São Paulo, Brazil: Funep ed.; 2006. 193 p.

28. Almeida-Muradian L.B., Pamplona L.C., Coimbra S., Barth O.M. **Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets**. *J. Food Compos. Anal.* 2005;**18**: 105–111.

29. Modro A.F.H., Message D., Luz C.F.P., Meira Neto J.A.A. **Composição e qualidade de pólen apícola coletado em Minas Gerais**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2007;**42**(8):1057-1065.
30. Modro A.F.H., Silva I.C., Luz C.F.P., Message D. **Analysis of pollen load based on color, physicochemical composition and botanical source**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2009;**81**(2):281-285.
31. Carpes S.T., Cabral I.S.R., Luz C.F.P., Capeletti J.P., Alencar S.M. & Masson M.L. **Palynological and physicochemical characterization of *Apis mellifera* L. bee pollen in the Southern region of Brazil**. Journal of Food, Agriculture & Environment. 2009;**7** (3&4):667–673.
32. Lima Neto J.S., Citó A.M.G.L., Lopes J.A.D., Moita Neto J.M., Luz C.F.P. **Palinologia e composição química de pólen de *Scaptotrigona* sp de uma microrregião do Estado do Piauí**. In: Catalani L.H., editor. 32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química; 30 may-02 june; Fortaleza, Ceará, Brazil. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Química; 2009. p. 196-196.
33. Lustosa M.C.G., Citó A.M.G.L., Lima S.G., Luz C.F.P., Lustosa R.G., Morais E.M. **Constituintes voláteis de pólen de *Apis mellifera* da região de Bela Vista (PI)**. In: Costa W.E., editor. 51º Congresso Brasileiro de Química; 09-13 october; São Luiz, Maranhão, Brazil. São Luiz: Associação Brasileira de Química; 2011. p. <http://www.abq.org.br/cbq/2011/trabalhos/7/7-418-11083.htm>.
34. Citó A.M.G.L., Lustosa M.C.G., Lustosa R.G., Lopes J.A.D., Lima S.G., Luz C.F.P. **Investigação da composição química e revisão do uso popular e da atividade farmacológica de pólen de *Apis mellifera* de Bela Vista (PI)**. In: Camargo E.E.S., editor. XX Congresso Italo-Latinoamericano de Etnomedicina; 19-22 september; Fortaleza. Fortaleza, Ceará, Brazil: Conselho Federal de Farmácia; 2011. p. 282.
35. Carpes S.T., Alencar S.M., Cabral I.S.R., Oldoni T.L.C., Mourão G.B., Haminiuk C.W.I., Luz C.F.P., Masson M.L. **Polyphenols and palynological origin of bee pollen of *Apis mellifera* L. from Brazil**. CyTA - Journal of Food. 2013;**11** (2):150-161.
36. Borsato D.M., Farago P.V., Luz C.F.P., De Alencar S.M., De Almeida M.M. **Physicochemical quality, botanical origin and antioxidant properties of floral honeys from Campos Gerais region, Brazil**. Interciência. 2014;**39**: 249-254.
37. Moreti A.C.C.C., Marchini L.C., Souza V.C., Rodrigues R.R. **Atlas do pólen de plantas apícolas**. Rio de Janeiro, Brazil: Papel Virtual; 2002. 93 p.
38. Ramalho M., Kleinert-Giovannini A., Imperatriz-Fonseca V.L. **Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and *Trigonini*) and africanized honeybees (*Apis mellifera*) in Neotropical habitats: A review**. Apidologie. 1990; **21**:469–488. doi:10.1051/apido:19900508.
39. Luz C.F.P., Thomé M.L., Barth O.M. **Recursos tróficos de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) na região de Morro Azul do Tinguá, Estado do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Botânica. 2007a;**30**: 29-36.
40. Luz C.F.P., Junior G.L.B., Fonseca R.L.S.E., Sousa P.R. **Comparative pollen preferences by africanized honeybees *Apis mellifera* L. of two colonies in Pará de Minas, Minas Gerais, Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2010;**82**: 293-304.

41. Luz C.F.P., Fernandes-Salomão T.M., Lage L.G.A., Resende H.C., Tavares M.G., Campos L.A.O. **Pollen sources for *Melipona capixaba* Moure & Camargo: an endangered Brazilian stingless bee.** *Psyche*. 2011: Article ID 107303. 7 pages. Available online: <http://www.hindawi.com/journals/psyche/2011/107303/>
42. Marchini L.C., Reis V.D.A., Moreti A.C.C.C. **Composição físico-química de amostras de pólen coletado por abelhas Africanizadas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) em Piracicaba, Estado de São Paulo.** *Ciência Rural*. 2006;**36**: 949–953. doi:10.1590/S0103-84782006000300034.
43. Modro A.F.H., Message D., Luz C.F.P., Meira Neto J.A.A. **Flora de importância polinífera para *Apis mellifera* (L.) na região de Viçosa, MG.** *Revista Árvore*. 2011;**35**: 1145-1153.
44. Boff S., Luz C.F.P., Araújo A.C., Pott A. **Pollen Analysis Reveals Plants Foraged by Africanized Honeybees in the Southern Pantanal, Brazil.** *Neotropical Entomology*. 2011;**40**(1):47-54.
45. Serra B.D.V., Luz C.F.P., Campos L.A.O. **The use of polliniferous resources by *Melipona capixaba*, an endangered stingless bee species.** *Journal of Insect Science*. 2012;**12**(148):1-14.
46. Luz C.F.P., Barth O.M. **Pollen analysis of honey and beebread derived from Brazilian mangroves.** *Brazilian Journal of Botany*. 2012;**35**(1):79-85.
47. Freitas A.S., Sattler J.A.G., Souza B.R., Almeida-Muradian L.B., Sattler A., Barth O.M. **A melissopalynological analysis of *Apis mellifera* L. loads of dried bee pollen in the southern Brazilian macro-region.** *Grana*. 2015;**54**: 305–312. <http://dx.doi.org/10.1080/00173134.2015.1096954>
48. Lengler C.B. **Produtos das abelhas na saúde humana.** In: Brito, J.S.A., editor. V Seminário Estadual de Apicultura e I Encontro de Apicultores do Mercosul; 25-30 June; São Borja, Rio Grande do Sul, Brazil. Porto Alegre: Confederação Brasileira de Apicultura; 2000. p. 30-32.
49. Ribeiro J.G., Silva R.A. **Estudo comparativo da qualidade de pólen apícola fresco, recém processado, não processado e armazenado em freezer e pólen de marca comercial através de análises físico-químicas.** *Tecnologia & Desenvolvimento Sustentável*. 2007;**1**: 33-47.
50. Kroyer G., Hegedus N. **Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement.** *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2001;**2**: 171-174.
51. Ligen X. **La eficacia y el mecanismo de intervención del polen en la lucha contra El cancer y el envejecimiento.** In: Constantinescu C., editor. 32nd International Congress of Apiculture of Apimondia; 25-30 October; Rio de Janeiro, Brazil. Bucarest, Romania: Apimondia Publishing House; 1989. p. 223-223.
52. Rocha H.C., Suzana J., Porto S., Funari S.R.C., Lara A.A. **O uso de pólen apícola no controle de anemia ferropriva.** In: Jong D., editor. V Encontro Sobre Abelhas; 04-07 September; Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil. Ribeirão Preto, Brazil: Universidade de São Paulo; 2002. p. 295-295.
53. Andrés I.M., Moreno M.E.B., Caselles, J.R. **La Apicultura Valenciana: Tradición y aprovechamiento.** Valencia, Spagne: Divulgacion Tecnica 23, Generalitat Valenciana, Conselleria d'Agricultura y Pesca; 1993. 167p.

54. Roman S. **Apiterapia en el tratamiento pre- y post operatorio**. In: Filipic B., Likar M., editor. 2nd International Symposium on Apitherapy; 02-07 september; Bucarest, Romania. Bucarest, Romania: Apimondia Publishing House; 1976. p. 179-179.
55. Roman, S. 1976b. **Nuestros experiencias acerca de los efectos de los produtos apicolas en el tratamiento del adenoma de prostata**. In: Filipic B., Likar M., editor. 2nd International Symposium on Apitherapy; 02-07 september; Bucarest, Romania. Bucarest, Romania: Apimondia Publishing House; 1976. p. 334-334.
56. Pereira P.C.M., Valério M.A.R.N., Funari S.R.C. **Perspectivas da utilização do mel, própolis, geléia real e pólen na área médica**. In: Barraviera B., editor. Venenos animais: uma visão integrada. Rio de Janeiro: Editora de publicações científicas; 1994. p. 65-80.
57. Barreto L.M.R.C., Funari S.R.C., Orsi R.O. **O pólen apícola: Perfil da produção no Brasil**. In: Riera R., editor. 1er Congreso de Apicultura del Mercosur; 24-26 June; Punta Del Leste, Uruguay. Montevideo, Uruguay: Sociedad Apícola Uruguaya; 2005. 3p. Available: <http://www.scribd.com/doc/23836092/14-polen-apicola-brasil> Access: 12/20/2019.
58. Schirmer, L.R. **Abelhas ecológicas**. São Paulo, Brazil: Editora Nobel; 1986. 218 p.
59. Lengler, S. **Criação racional de abelhas**. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil: Universidade Federal de Santa Maria; 1994. 79 p.
60. Lengler, S. **Os produtos das abelhas e seus efeitos na saúde humana**. Rio Grande do Sul, Brazil: Confederação Brasileira de Apicultura; 2007. Available: <http://www.brasilapicola.com.br/node/52> Access: 12/07/2019.
61. Root, A.I. **ABC y XYZ de la Apicultura**. Buenos Aires, Argentina: Librería Hachette; 1976. 670 p.
62. Barth O.M., Munhoz M.C., Luz C.F.P. **Botanical origin of *Apis* pollen loads using colour, Weight and pollen morphology data**. Acta Alimentaria. 2009;**38**(1): 133–139.
63. Luz C.F.P., Barth O.M., Cano C.B.C., Felsner M.L., Cruz-Barros M.A.V., Guimarães M.I.T.M., Correa A.M.S. **Origem botânica do mel e derivados apícolas e o controle de qualidade**. In: Barbosa L.M., Santos Junior N.A., editor. A Botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas públicas ambientais. São Paulo, Brazil: Sociedade Botânica do Brasil; 2007. p. 592-595.
64. Percie du Sert P. **Ces pollens qui nous soignent**. Paris, France: Guy Trenadiel Éditeur; 2004. 211 p.
65. Rocha J.F.M. **Avaliação do efeito do armazenamento na qualidade do pólen apícola**. [dissertation]. Instituto Politécnico: Escola Superior Agrária de Bragança. Bragança, Portugal; 2013. 96 p.
66. Bogdanov S. **Quality and standards of pollen and beeswax**. Apiacta. 2004;**38**: 334-341.
67. Wiese H. **Informações sobre pólen: definição, coleta, utilização e comercialização**. Florianópolis, Santa Catarina, Brazil: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento de Santa Catarina; 1982. 6 p.



68. Alves M.L.T.M.F., Moreti A.C.C.C., Moraes, R. **Produção de pólen**. Pindamonhangaba, Brasil: Instituto de Zootecnia, Associação Modelo de Apicultura; 1996. 39 p.
69. Salomé J.A., Salomé, L.G. **Manual prático de produção de pólen apícola**. Santa Catarina, Brazil: EPAGRI; 1998. 54 p.
70. Barreto L.M.R.C., Funari R.C., Orsi R.O., Dib A.P.S. **Produção do pólen no Brasil**. Taubaté, São Paulo: Cabral Editora e Livraria Universitaria; 2006. 100 p.
71. Rühle E.R. **Controle de qualidade de produtos apícolas**. In: Lemos D.B., editor. XIII Congresso Brasileiro de Apicultura; 14-17 november; Florianópolis, Santa Catarina, Brazil. Florianópolis, Brazil: Confederação Brasileira de Apicultura; 2000. cd-rom.
72. Gonzalez G., Hinojo M.J., Mateo R., Medina A., Jimenez M. **Occurrence of mycotoxin producing fungi in bee pollen**. Int J Food Microbiol. 2005;**105**: 1-9.
73. Rodrigues M.A.A., Keller K.M., Keller L.A.M., Oliveira A.A., Almeida T.X., Marassi A.C., Krüger C.D., Barbosa T.S., Lorenzon M.C.A., Rosa C.A.R. **Avaliação micológica e micotoxicológica do pólen da abelha Jataí (*Tetragonisca angustula*) proveniente de Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ**. Rev. Bras. Med. Vet. 2008;**30**: 249-253.
74. Gilliam, M. **Microbiology of pollen and bee bread: the yeasts**. Apidologie. 1979;**10**: 43-53.
75. Franco, B.D.G.M. **Fatores intrínsecos e extrínsecos que controlam o desenvolvimento microbiano nos alimentos**. In: Franco, B.D.G.; Landgraf, M., editor. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Atheneu; 1996.p. 13-26.
76. Prest D.B., Gilliam M., Taber III.S., Mills J.P. **Fungi associated with discolored honeybee, *Apis mellifera*, larvae and pupae**. Journal of Invertebrate Pathology. 1974;**24**: 253-255.
77. Shaw D.E. **The incidental collection of fungal spores by bees and the collection of spores in lieu of pollen**. Bee World. 1990;**71**: 158-176.
78. Calderón R.A., Rivera G., Sánchez L.A., Zamora L.G. **Chalkbrood (*Ascophaera apis*) and some other fungi associated with africanized honeybees (*Apis mellifera*) in Costa Rica**. Journal of Apicultural Resserach. 2004;**43**: 187-188.
79. Crane E. **O livro do mel**. São Paulo, Brazil: Livraria Nobel S.A.; 1983. 226 p.
80. Krell R. **Value-added products from beekeeping**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; FAO agricultural services bulletin 124; 1996. 395 p.
81. Donadieux Y. **Le pollen – Thérapeutique naturelle**. Paris, França: Editora librairie Maloine S.A.; 1983. 99 p.
82. Hanssen M. **The healing power of pollen**. London, England: Thorsons Publishers Limited; 2000. 263 p.
83. Vit, P. **Iniciación a la apiterapia**. Bogotá, Colombia: Editora Universidad de Los Andes; 2006. 32 p.

84. Vit, P. **Origem botânico y propriedades medicinales del polen apícola.** Revista Médica de la Extension Portuguesa – ULA. 2009;**3**: 27-34.
85. Melo I.L.P., Freitas A.S., Barth O.M., Almeida-Muradian L.B. **Relação entre a composição nutricional e a origem floral de pólen apícola desidratado.** Revista do Instituto Adolfo Lutz. 2009;**68**: 346-353.
86. Ball G. **Bioavailability and Analysis of Vitamins in Foods.** New York, United States of America: Springer US; 1998. 569 p. DOI: 10.1007/978-1-4899-3414-7
87. Hueni, J.E.S., Machlin L.J. **Vitamins Basics.** Basel, Switzerland: Hoofmann-La Roche; 1997. 74 p.
88. Arruda V.A.S., Pereira A.A.S., Freitas A.S., Barth O.M., Almeida-Muradian L.B. **Dried bee pollen: B complex vitamins, physicochemical and botanical composition.** Journal of Food Composition and Analysis. 2013;**29**: 00-105.
89. Shibao J. & Bastos D.H.M. **Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde.** Revista de Nutrição. 2011;**24**(6):895-904.
90. Castro R.N., Azeredo L.C., Azeredo M.A.A., Dutra V.M.L. **Avaliação da presença de vitaminas C, D e E por cromatografia líquida de alta eficiência, em amostras de polens comercializados no estado do Rio de Janeiro, após análise palinológica.** In: Lengler S., editor. XIV Congresso Brasileiro de Apicultura; 16-20 July; Campo Grande, Mato Grosso, Brazil. Campo Grande, Brazil: Editora da CONBRAPI - Confederação Brasileira de Apicultura; 2002. p. 69-69.
91. Féher J., Csomós G. **Clinical importance of free radical reactions and their role in the pathogenesis of various human diseases.** In: Feher J., Csomos G., Vereckei A., editor. Free Radical Reactions in Medicine. Berlin, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1987. p. 48-147.
92. Frigerio C. **Optimização e influência na bioactividade do processo de secagem por radiação infravermelha de amostras de pólen apícola.** [dissertation]. Universidade do Porto: Faculdade de Farmácia. Porto, Portugal; 2009. 48 p.
93. Campos M.G., Cunha A.P., Navarro M.C., Utrilla M.P. **Free radical scavenger activity of Bee pollen.** Bull Groupe Polyphenols. 1994;**17**: 415-417.
94. Campos M.G., Webby R., Kevin A., Coleta M., Markham K., Cunha A.P. **Free-radical scavenging properties of bee-pollens – the non-involvement of flavonoids?** Bull Groupe Polyphenols. 2000;**20**: 347-348.
95. Campos, M.G., Webby, R.F., Markham, K.R., Mitchell, K.A., Cunha, K.R. **Age-Induced diminution of free radical scavenging capacity in bee pollens and the contribution of constituent flavonoids.** Journal Agriculture Food Chemical. 2003;**51**: 742-745.
96. Leja M., Mareczek A., Wyżgolik G., Klepacz-Baniak J., Czekoń K. **Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species.** Food Chemistry. 2007;**100**: 237-240.
97. Ohta S., Fujimaki T., Uy M.M., Yanai M., Yukiyoshi A., Hirata T. **Antioxidant hydroxycinnamic acid derivatives isolated from Brazilian bee pollen.** Natural Product Research. 2007;**21**: 726-732.

98. Campos M.G.R. **Caracterização do pólen apícola pelo seu perfil em compostos fenólicos e pesquisa de algumas atividades biológicas.** [thesis]. Universidade de Coimbra: Faculdade de Farmácia. Coimbra, Portugal; 1997. 318 p.
99. Almaraz-Abarca N., Campos M.G., Ávila-Reyes J.A., Naranjo-Jiménez N., Herrera-Corral J., Gonzales-Valdez L.S. **Variability of antioxidant activity among Honeybee-collected Pollen of different botanical origin.** *Interciencia.* 2004;**29**: 574-578.
100. Carpes S.T., Begnini R., Alencar S.M., Masson M.L. **Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity.** *Cienc Agrotec.* 2007;**31**: 1818-25.
101. Neves L.C., Alencar S.M., Carpes S.T. **Determinação da atividade antioxidante e do teor de compostos fenólicos e flavonoides totais em amostras de pólen apícola de *Apis mellifera*.** *Braz. J. Food Technol.* 2009;107-110.
102. Menezes J.D.S., Maciel L.F., Miranda M.S., Druzian J.I. **Compostos bioativos e potencial antioxidante do pólen apícola produzido por abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.).** *Revista do Instituto Adolfo Lutz.* 2010;**69**: 233-242.
103. Globo repórter 2010. **Pólen combate o envelhecimento e ajuda a recuperar energias.** Available: <http://g1.globo.com/globo-reporter/noticia/2010/05/polen-combate-o-envelhecimento-e-ajuda-recuperar-energias.html>, Edição do dia 28/05/2010. Access: 11/20/2019.
104. Braga A.S. **Apicultura: o caminho para a cidadania.** Salvador, Bahia, Brazil. 1998. p. 68-77.
105. Lengler S. **Pólen apícola.** Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil: Universidade Federal de Santa Maria; 2002. 50 p.
106. Vicenzi V.M. **O pólen apícola como elemento potencializador dos efeitos advindos da atividade física orientada em idosos.** [thesis]. Universidade Federal de Santa Catarina: Centro de Ciências Agrárias, Santa Catarina, Brazil; 2004. 105p.
107. Wojcicki J., Samochowiec, L., Bartłomowicz B., Hinek A., Jaworska M., Gawronska-Szklarz B. **Effect of pollen extract on the development of experimental atherosclerosis in rabbits.** *Atherosclerosis.* 1986;**62**: 39-45.
108. Zhang X., Habib F.K., Ross M., Burger U., Lewenstein A., Rose K., Jatón J. **Isolation and characterization of a cyclic hydroxamic acid from a pollen extract, which inhibits cancerous cell growth *in vitro*.** *J. Med. Chem.* 1995;**38**: 735-738.
109. Iversen T., Fiirgaard K.M., Schriver P., Rasmussen O., Andreassen F. **The effect of NaO Li Su. on memory functions and blood chemistry in elderly people.** *J. Ethnopharmacol.* 1997;**56**: 109-16.
110. Denis L.J. **Chronic prostatitis.** *Acta Urol. Belg.* 1966;**34**: 49-55.
111. Ask-Upmark E. **Prostatitis and its treatment.** *Acta Med. Scand.* 1967;**181**: 355-357.
112. Chauvin R., Deftomont C., Louveaux L., Verge, L. **Sur une substance presente dans le pollen, qui s'oppose au developpement de certaines bacteries.** *Compt. Rend. Soc. Biol.* 1952;**146**: 645p.

113. Dustmann J.H., Gunst E. **Inhibins and bacteriostatic action of beebread.** *Apiacta.* 1982;**17**: 51-54.
114. Schmidt J.O., Buchmann S.L. **Other products of the hive.** In: **Graham J.M., editor. The hive and the honeybee.** Hamilton, Illinois, United State of America: Dadant & Sons; 1992. p. 927-988.
115. Puente S., Iniguez A., Subirats M., Alonso M.J., Polo F., Moneo I. **Eosinophilic gastroenteritis caused by bee pollen sensitization.** *Med Clin (Barc).* 1997;**108**: 698-700.
116. Greenberger P.A., Flais M.J. **Bee pollen-induced anaphylactic reaction in an unknowingly sensitized subject.** *Annals of allergy asthma & immunology.* 2001;**86**: 239-242.
117. Silva C.M., Bolzan A.A., Heinzmann B.M. **Alcalóides Pirrolizidínicos em espécies do Gênero *Senecio*.** *Quim. Nova.* 2006;**29**: 1047-1053.
118. Kempf M., Reinhard A., Beuerle T. **Pyrrrolizidine alkaloids (PAs) in honey and pollen-legal regulation of PA levels in food and animal feed required.** *Mol. Nutr. Food Res.* 2010;**54**: 158–168. DOI 10.1002/mnfr.200900529
119. Boppré M., Colegate S.M., Edgar J.A., Fischer O.W. **Hepatotoxic pyrrolizidine alkaloids in pollen and drying-related implications for commercial processing of bee pollen.** *J. Agric. Food Chem.* 2008;**56**: 5662-5672.
120. Stegelmeier B.L., Edgar J.A., Colegate S.M., Gardner D.R., Schoch T.K., Coulombe R.A., Molyneux R.J. **Pyrrrolizidine alkaloid plants, metabolism and toxicity.** *J. Nat. Toxins.* 1999;**8**: 95-116.
121. Instituto Humanitas Unisinos (IHU). **Interview with Maria José Guazzelli.** 2009. Available: <<http://www.ecodebate.com.br/2009/06/09/brasil-o-maiorconsumidor-de-agrotoxicos-entrevista-especial-com-maria-jose-guazzelli/>>. Access: 12/03/2019.
122. Freitas, B. M., Pinheiro, J. N. **Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros.** *Oecol. Austral.* 2010;**14**: 282-298.
123. Pettis J.S., Lichtenberg E.M., Andree M, Stitzinger J., Rose R., Van Engelsdorp D. **Crop pollination exposes honeybees to pesticides which alter their susceptibility to the gut pathogen *Nosema ceranae*.** *PloS one.* 2013;**8**: e70182.
124. Barker R. J., Lehner Y., Kunzmann M. R. **Pesticides and honeybees: nectar and pollen contamination in alfalfa treated with dimethoate.** *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 1980;**9**: 125–133.
125. Škerl M.I.S., Bolt S.V., Cesni H.B., Gregor A. **Residues of pesticides in honeybee (*Apis mellifera carnica*) bee bread and in pollen loads from treated apple orchards.** *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2009;**83**: 374-377.
126. Wallner K., Oomen P.A., Thompson H.M. **Sprayed and seed dressed pesticides in pollen, nectar and honey of oilseed rape.** *Julius-Kühn-Arch.* 2009;**423**: 152-153.
127. Zhiqiang L., Hu Z., Xiangyun W., Xinquan W., Hao X., Xiaoyan Y. **Determination of 7 organochlorine pesticides residues in bee pollen by gas chromatography.** *Mod. Sci. Instruments.* 2011;**3**: 81-83.
128. Martins M.C.T. **Pólen apícola brasileiro: valor nutritivo e funcional, qualidade e contaminantes inorgânicos.** Tese [thesis]. Universidade Estadual de Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos; 2010. 210 p.

# CAPÍTULO 10

## CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS E DA FRAÇÃO APOLAR DO MEL, PRÓPOLIS E CERA DE ABELHA (*APIS MELLIFERA*) DE PICOS – PIAUÍ

Data de aceite: 01/10/2020

Data de Submissão: 07/07/2020

### **Antônia Maria das Graças Lopes Citó**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina - Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/9919214482621635>

### **Elcio Daniel Sousa Barros**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/2168099809442781>

### **Arkellau Kenned Silva Moura**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/3710328729685805>

### **Erinete de Sousa Veloso Cruz**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina - Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/4214709205331917>

### **José de Sousa Lima Neto**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/9906235220556121>

**RESUMO:** A composição química dos produtos da colmeia depende da biodiversidade da região visitada pelas abelhas e de fatores climáticos. Nesse estudo, foram identificados constituintes de mel, própolis e cera de *Apis mellifera* produzidos na microrregião de Picos – PI através da Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM). Foram

identificados nas amostras de mel, própolis e cera, 27 constituintes voláteis, sendo 5 na amostra de mel, 4 na própolis e 18 na cera. Nas frações hexânicas foram identificadas 15 substâncias na amostra de própolis e 17 na amostra de cera. Entre os voláteis, destacaram-se como majoritários: tujol, o globulol e o decanal nas amostras de mel, própolis e cera respectivamente, enquanto que nas frações hexânicas os compostos químicos majoritários foram o fragranol e 6-metil-octadecano em própolis e cera respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cromatografia gasosa, *Apis mellifera*, produtos da colmeia

### CHARACTERIZATION OF VOLATILE COMPOUNDS AND NONPOLAR FRACTION OF HONEY, PROPOLIS AND WAX OF BEE (*APIS MELLIFERA*) FROM PICOS – PIAUÍ

**ABSTRACT:** The chemical composition of the hive products depends on the biodiversity of the region visited by the bees and on climatic factors. This study, were identified the chemical constituents of honey, propolis and wax of *Apis mellifera* from Picos - PI by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS). Were identified 27 volatile compounds, being 5 from honey, 4 from propolis and 18 from beewax and nonpolar fractions were identified 15 compounds in propolis and 17 in wax sample. Among the majority volatile compounds: tujol, globulol and decanal respectively for honey, propolis and wax, while in the nonpolar fractions the fragranol and 6-methyl-octadecane were the majority for propolis and wax.

**KEYWORDS:** Gas Chromatography, *Apis mellifera*, Beehive products

## 1 | INTRODUÇÃO

A abelha *Apis mellifera* foi introduzida no Brasil para a implantação da apicultura e devido as condições climáticas e a necessidade da indústria brasileira, o país passou a ser um promissor no campo internacional dessa prática (Zanella e Martins, 2003; Martinez e Soares, 2012).

O maior destaque, dentre os produtos da colmeia de *Apis mellifera*, é sem dúvida o mel (produto oriundo do néctar das flores desidratado, modificado por ácidos e enzimas salivares, segundo Silva, 2007), pois além de ser a principal fonte de carboidratos para as abelhas, é utilizado como alimento desde o início da humanidade. Pode ser usado como alimento para crianças, idosos e convalescentes, pois é um produto facilmente digerível que pode ser consumido diretamente. Além disso, o mel possui diversas propriedades terapêuticas. O estudo realizado por Salla e colaboradores (2020), demonstrou que o consumo de mel como suplemento alimentar ou em mistura com outros tipos de suplementos pode contribuir para o controle dos níveis açúcar no sangue e do peso corporal de camundongos diabéticos. A composição do mel é variável, devido à influência das plantas, clima, condições ambientais e outros fatores. A variação de suas propriedades físico-químicas depende do néctar, pólen, do original conteúdo da planta, cor, umidade, proteína e minerais (Liberato, 2013).

A cera secretada por abelhas operárias de *Apis mellifera* consiste de mistura complexa de hidrocarbonetos, mono, di, triésteres, hidróxi-ésteres, ésteres de ácidos carboxílicos, ácidos graxos livres, álcoois livres e pequenas quantidades de material não identificado; dispendo de uma composição mais complexa que a cera das abelhas sem ferrão (Pianaro, 2007).

A própolis é outro produto muito importante para o homem e a colmeia. É uma mistura complexa, formada por material resinoso e balsâmico coletado pelas abelhas a partir de ramos, flores, pólen, brotos, botões florais e exsudados de plantas, produto final, utilizada para eliminar possíveis invasores e selar aberturas na colmeia. A própolis vem sendo utilizada ao longo dos tempos para a prevenção o tratamento de doenças devido à variedade de atividades como antimicrobiana, anti-inflamatória, cicatrizante, anestésica, antioxidante e imune estimuladora, vêm ganhando aplicabilidade na indústria farmacêutica e alimentícia (Yuan, 2020; Alves e Kubota 2013). As atividades biológicas de produtos da colmeia, principalmente antioxidante, por vezes, são justificadas pela presença de compostos fenólicos, que se destacam em função do seu potencial preventivo contra doenças degenerativas, bem como pela sua abundância e diversidade estrutural (Yuan, 2020, Guerra et al., 2008; Folin e Ciocalteu, 1927).

Esse trabalho teve como objetivo identificar os constituintes de mel, própolis e cera

de *Apis mellifera* produzidos na microrregião de Picos – PI por CG-EM.

## 2 I PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1 Coleta dos Produtos da Colmeia

As amostras de mel (200 g), própolis (100 g) e cera (500 g) foram coletadas e gentilmente doadas pelo apicultor Antônio Carlos dos Santos. A época das coletas foi: amostra de cera, em março e as amostras de mel e própolis em junho de 2012. Todas as amostras advêm do apiário ACS-3, de propriedade do senhor Antônio Carlos dos Santos, localizado na Fazenda Cajueiro, no povoado Bem-Te-Vi, bairro Pantanal da cidade de Picos – PI. O presente estudo encontra-se registrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado – SISGEN (Certidão n°. A9FF29D).

### 2.2 Obtenção das substâncias voláteis e frações hexânicas

Para cada amostra (mel, própolis e cera) foram realizadas microhidrodestilações em triplicata, onde cada uma teve duração de 2 horas. O hidrolato coletado, aproximadamente 15 mL, foi submetido à partição com diclorometano (3 x 15 mL) em funil de separação. A fase orgânica obtida foi seca com sulfato de sódio anidro, filtrada e rotaevaporada à pressão reduzida e a temperatura de 30 °C. Os decoctos resultantes foram armazenados, reunidos, filtrados e submetidos à partição líquido-líquido (3 x 30 mL) com hexano. A fração hexânica (500 mg) foi refluxada a quente por 5 minutos em uma solução metanólica de NaOH (0,5 mol L<sup>-1</sup>). Após o tempo, foi adicionado o reagente esterificante (solução de 2 g de NH<sub>4</sub>Cl, 60 mL de MeOH e 3 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, conforme descrito por Hartman e Lago, 1973). Novamente a mistura foi refluxada por 10 minutos. Após arrefecimento, a solução foi submetida a partição líquido-líquido com 25 mL de éter etílico e 50 mL de água ultra pura. Na fase etérea foram adicionados 10 g de sulfato de sódio anidro e a mesma foi filtrada e evaporada para posterior análise em CG-EM.

### 2.3 Condições de análise das frações voláteis (CG-EM)

Foi utilizado Cromatógrafo (Shimadzu GC17A) acoplado a um espectrômetro de massas (Shimadzu; modelo QP5050A), equipado com coluna capilar de sílica fundida (J&WScientific DB-5) de 50 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura do filme. Os parâmetros de análise foram: temperatura do injetor foi de 220 °C; temperatura do detector de 240 °C e a coluna programada para operar a 60 °C, com elevação de temperatura na taxa de 3 °C min<sup>-1</sup>, até a temperatura de 240 °C. O gás de arraste empregado foi hélio, mantido num fluxo constante de 1,0 mL min<sup>-1</sup>. Após ajuste de todos os parâmetros do equipamento, injetou-se 1 µL da fração volátil. A análise com o detector de massas foi realizada no modo de varredura, com o tempo de aquisição de 60,35

minutos e corte do solvente em 2 min. A aquisição dos espectros de massas foi realizada na faixa de 40 a 650 Daltons, pelo método da ionização por impacto de elétrons, com energia de ionização de 70 eV (voltagem 1.5 KV, analisador do tipo quádruplo) e fonte de íons a 200 °C.

#### *Condições de análise das frações metiladas (CG-EM)*

Os parâmetros da análise foram os seguintes: temperatura do injetor 260 °C, temperatura da interface 270 °C e a coluna programada para operar inicialmente a 100 °C, por 1 minuto, com elevação de temperatura 6 °C min<sup>-1</sup>, até 180 °C, taxa de aquecimento de 15 °C min<sup>-1</sup> até 260 °C, mantida por 10 min. A corrida com o detector de massa foi realizada no modo de varredura, com tempo de aquisição de 29,67 min. e corte do solvente em 2 min., faixa de massas de 40 a 500 Daltons, voltagem do filamento de 70 eV, voltagem do detector de 1,3 KV, analisador do tipo quádruplo, gás de arraste hélio, com fluxo constante de 1,5 mL min<sup>-1</sup>.

### **3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise das frações voláteis por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) forneceu como resultado os cromatogramas da Figura 1. Os espectros de massas concernentes a cada pico apresentaram similaridade significativa com a biblioteca do software adotado, biblioteca Willey229<sup>o</sup>. Os índices de retenção de cada constituinte foram calculados com relação a um padrão de hidrocarbonetos de cadeia linear, alifática (C<sub>9</sub> – C<sub>20</sub>) e não ramificada; e utilizados, além dos espectros de massas, como fator de identificação.

Muitos dos constituintes identificados já foram relatados em outros trabalhos relacionados a produtos da colmeia ou plantas apícolas e melitófilas; conforme mostra a Tabela 1. Nas amostras de mel, própolis e cera foram identificados um total de 27 constituintes voláteis, sendo 5 na amostra de mel, 4 na própolis e 18 na cera. Com base nos resultados não foi possível identificar constituintes comuns às três amostras, o que pode sugerir a existência de fontes vegetais diversificadas utilizadas pelas abelhas na elaboração de seus produtos (Farias, 2003). Dentre esses constituintes muitos apresentam potencial farmacológico e/ou aplicações industriais. Como por exemplo, o *α*-humuleno que apresenta uma variedade de atividades biológicas como inseticida (Yang et al., 2003; Kim et al., 2003), antimicrobiana (Bougatsos et al., 2003), antioxidante (Weelet et al., 1999), como também anticarcinogênica (Legault et al., 2003) além de ser o marcador analítico do Acheflan<sup>®</sup>, um anti-inflamatório genuinamente brasileiro.



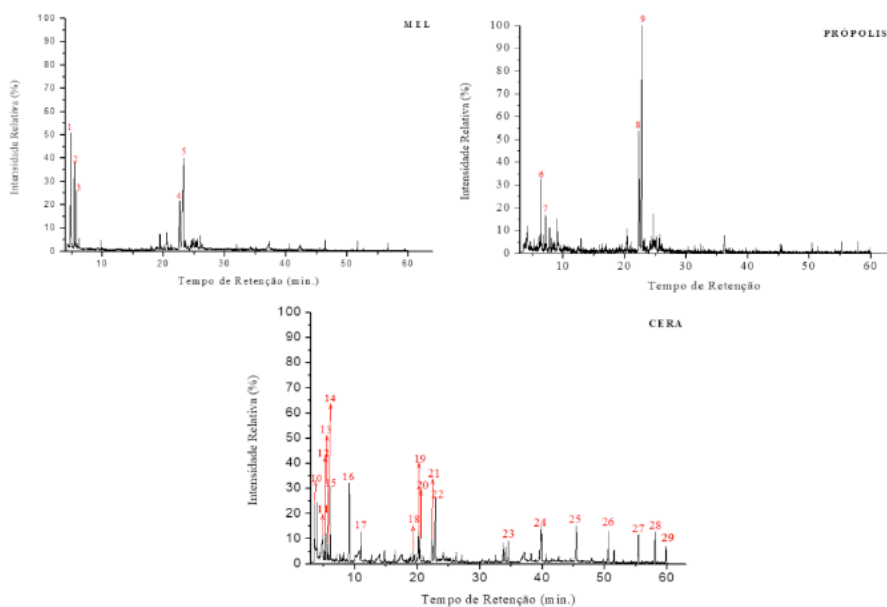


Figura 1: Cromatogramas de ions totais (TIC) obtidos a partir das frações voláteis de mel , própolis e cera de abelha por microhidrodestilação.

Fonte: Barros, 2013

Como constituintes majoritários identificados destacaram-se: o tujol (43,0%), o epóxilongipineno (15,0%) e o ciclohepta-1,3,5-trieno (14,0%), na amostra de mel; o globulol (41,0%), o espatulenol (16,0%) e o 2-feniletanol (7,0%), na amostra de própolis; o decanal (9,0%) ácido 5-metil-hexanóico (6,0%), globulol (6,0%) e o (*Z*) 3,7-dimetilocta-2-eno (6,0%), na amostra de cera de abelha.

O tujol é um monoterpene presente em plantas, principalmente na família Asteraceae. Esta substância já foi identificada na composição química de plantas da espécie *Ambrosia artemisiifolia* L. (Melo, 2006). O composto epóxilongipineno está presente em óleos essenciais espécies como: *Eucalyptus globulus* L., *Citrus limon* L. e *Hiperycum androsaemum* L. e *Lippia palmeri* S. W.. O ciclohepta-1,3,5-trieno é normalmente encontrado, de forma minoritária, em óleos essenciais de plantas do gênero *Lippia* (Lobo, 2009). Plantas desse gênero são comumente encontradas na região de Picos, como por exemplo, o alecrim do campo, *Lippia origanoides* Kunth.

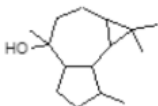
Globulol e espatulenol, comuns às amostras de cera e própolis, apresentam atividades fungistática e antibacteriana respectivamente, além de moderada atividade citotóxica frente a células de linhagem KB no caso do espatulenol (Limberger et al., 2004). O Álcool fenilico é um dos compostos aromáticos de interesse industrial. Por seu aroma de rosas, é utilizado nas indústrias de perfume, cosméticos e alimentos por suas

características organolépticas (Lomascolo et al., 2001).

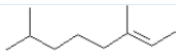
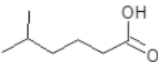
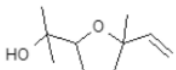

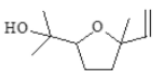
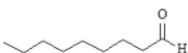
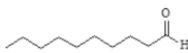
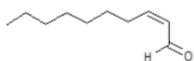
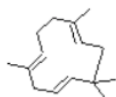
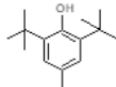
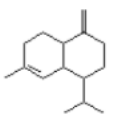
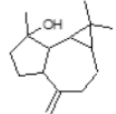
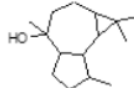
Dentre voláteis minoritários identificados, vale destacar o linalol e o decenal. O linalol é amplamente empregado na indústria e por apresentar um estereocentro em sua estrutura química, seus isômeros, o coriandrol e o licareol também atuam no aroma e atividades farmacológicas de óleos essenciais (Alcântara et al., 2010). Bisignano et al., (2001), mostraram o potencial de aldeídos insaturados no combate a infecções intestinais e respiratórias, estando entre eles o decenal; havendo destaque ao sinergismo antibacteriano obtido a partir da mistura desse com outros três aldeídos insaturados.

Quanto à função dos constituintes voláteis em produtos da colmeia, sugere-se que, dada a diversidade e as atividades biológicas desses compostos, eles exerçam ações antibacteriana, antifúngica, anti-inflamatória, dentre outras, contribuindo com a expulsão de invasores, assepsia e saúde geral dos indivíduos da colmeia.

Nº do Pico	Composto	I.R. <sub>(calc)</sub>	I.R. <sub>(literat.)</sub>	ÁREA (%)	ESTRUTURA	Principais Fragmentos [m/z (X%)]
<b>MEL</b>						
1	cicloheptatrieno	791	800	14,00		91 (100); 65 (50); 63 (39); 50 (35)
2	mircenol	1118	1119	7,30		43 (100); 59 (76); 41 (67); 55 (43)
3	mircenol (isômero)	1134	1119	4,40		43 (100); 59 (72); 41 (67); 55 (39)
4	epoxilôngipineno	1561	1565	15,00		41 (100); 43 (75); 56 (29); 79 (25)
5	álcool tujílico	1634	1638	43,20		41 (100); 43 (89); 67 (39); 79 (39)
<b>PRÓPOLIS</b>						
6	álcool fenetílico	1132	1136	7,00		91 (100); 65 (46); 92 (33); 51 (25)
7	cis-p-menta-1(7),8-dien-2-ol	1129	1128	3,50		41 (100); 91 (65); 77 (58); 81 (31)
8	espatulenol	1580	1577	16,00		41 (100); 43 (84); 91 (33); 79 (32)

9	globulol	1595	1590	41,00		41 (100); 43 (84); 69 (49); 77 (41)
---	----------	------	------	-------	-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------

CERA

10	(Z) 3,7-dimetil-octa-2-eno	959	970	6,07		70 (100); 41 (76); 56 (72); 55 (58)
11	ácido 5-metil-hexanóico	1038	1033	6,54		60 (100); 73 (43); 41 (30); 43 (26)
12	(Z) óxido de linalol	1059	1064	1,93		59 (100); 43 (54); 94 (37); 55 (29)
13	octan-1-ol	1063	1063	2,87		56 (100); 55 (72); 41 (57); 69 (40)
14	(E) óxido de linalol	1076	1086	1,15		59 (100); 43 (46); 55 (31); 41 (26)
15	nonanal	1093	1098	5,63		57 (100); 41 (82); 56 (59); 55 (54)
16	decanal	1195	1204	9,73		41 (100); 57 (80); 55 (66); 43 (51)
17	(Z) 2-decenal	1249	1250	3,55		41 (100); 55 (72); 70 (69); 57 (45)
18	a-humuleno	1471	1452	0,96		41 (100); 77 (54); 91 (52); 79 (45)
19	B.H.T	1496	1514	4,70		205 (100); 41 (37); 57 (27); 77 (22)
20	γ-cadineno	1502	1512	2,18		41 (100); 119 (75); 91 (66); 161 (64)
21	espatulenol	1555	1575	2,27		41 (100); 43 (79); 77 (49); 79 (44)
22	globulol	1570	1576	6,15		41 (100); 43 (84); 69 (49); 77 (41)

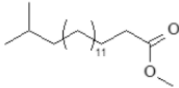
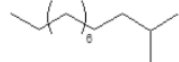
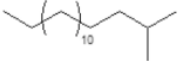
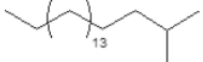
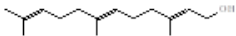
23	isostearato de metila	2012	2013	1,67		74 (100); 41 (65); 43 (60); 87 (40)
24	éster metílico N.I	--	--	2,26	--	41 (100); 55 (77); 74 (59); 81 (44)
25	2-metil-undecano	---	---	4,00		43 (100); 41 (66); 57 (40); 71 (36)
26	2-metil-pentadecano	---	---	4,00		43 (100); 41 (61); 57 (36); 71 (36)
27	2-metil-octadecano	--	--	4,01		43 (100); 41 (62); 57 (44); 71 (32)
28	Farnesol	--	--	4,28		41 (100); 69 (84); 81 (46); 67 (15)
29	hidrocarboneto N.I	--	--	1,20	--	43 (100); 41 (42); 57 (38); 71 (26)

Tabela 1 - Constituintes identificados nas frações voláteis de mel, própolis e cera de *Apis mellifera*.

Legenda: I.R<sub>(calc.)</sub> – índice de retenção calculado; I.R<sub>(literat.)</sub> – índice de retenção da literatura; N.I - Não identificado

Fonte: Barros, 2013

Além dos constituintes voláteis foram também identificados constituintes nas frações obtidas a partir dos decotos, onde destaca-se as frações hexânicas da própolis e da cera que exibiram cromatogramas de boa resolução e que foi possível identificar seus constituintes químicos, o mesmo não foi possível com a fração hexânica do mel.

Os constituintes foram identificados por similaridade e pela comparação dos espectros de massas obtidos do cromatograma de íons totais com os da biblioteca Wiley229<sup>□</sup>. A Figura 2 apresenta os cromatogramas de íons totais obtidos e a Tabela 2 apresenta a relação dos constituintes identificados.

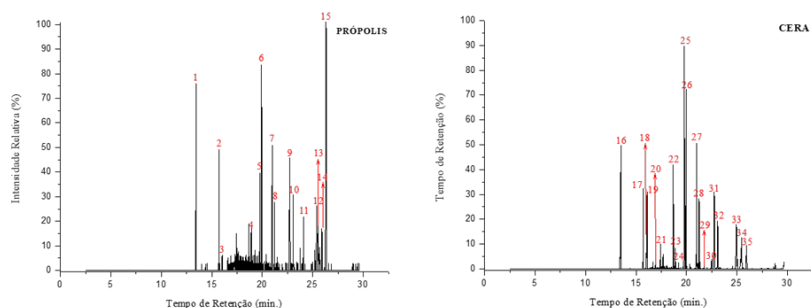
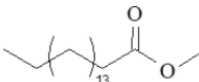


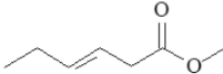
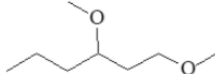
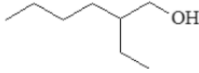
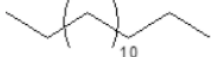
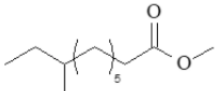
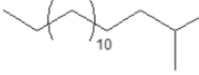
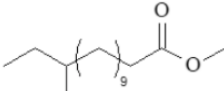
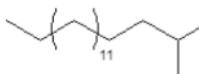
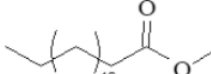
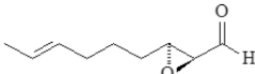
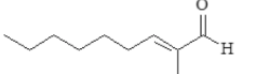

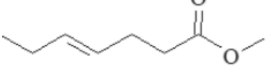
Figura 2: Cromatogramas de íons totais (TIC) obtidos a partir das frações hexânicas de própolis e cera

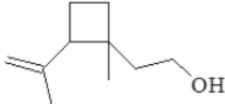
Fonte: Barros, 2013

Na fração hexânica das amostras de própolis e cera de abelha foram identificados um total de 32 constituintes: 15 na amostra de própolis e 17 na amostra de cera. Na fração hexânica da amostra de mel não foi identificado nenhum constituinte químico. Dentre os identificados, foram comuns a ambas: heptanoato de metila, 8-metil-decanoato de metila, 12-metil-tetradecanoato de metila e 2-pentil-non-2-en-1-al. Como constituintes majoritários: fragranol (33,0%), heptanoato de metila (10,0%) e 12-metil-tetradecanoato de metila (9,0%) na amostra de própolis; e 6-metil-octadecano (16,0%), o tetracosanoato de metila (12,0%) e o heptanoato de metila (11,0%) na amostra de cera.

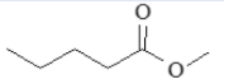
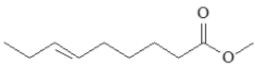
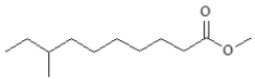
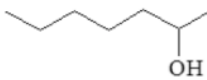
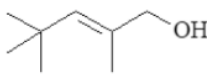
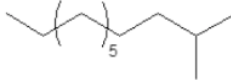
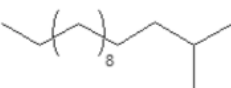
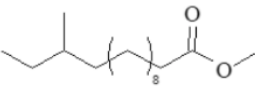
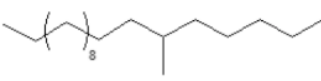
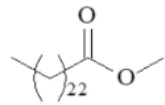
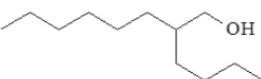
O fragranol foi isolado pela primeira vez das raízes da espécie *Artemisia fragrans* W. (Gansäuer et al., 2009) e encontrado também, em óleos essenciais das partes aéreas de *Achillea falcata* L. (Senatore et al., 2005). O gênero *Achillea*, família Asteraceae, compreende muitas espécies de plantas aromáticas utilizadas para fins medicinais, cosméticos, propriedades agrícolas e fragrâncias sendo o fragranol largamente empregado nas indústrias de perfume (Jassbi et al., 2012). O composto hex-3-enoato, foi identificado como constituinte majoritário, no óleo essencial de jenipapo (*Genipa americana*) e de murici (*Byrsonima crassifolia*), duas frutas típicas do nordeste brasileiro (Alves, 2004).

Nº do Pico	Composto	ÁREA (%)	ESTRUTURA	Principais Fragmentos [m/z (X%)]
<b>PRÓPOLIS</b>				
1	heptanoato de metila	10,33		74 (100); 43 (82); 41 (80); 87 (44)

2	<b>hex-3-enoato de metila</b>	4,64		<b>41</b> (100); <b>43</b> (73); <b>59</b> (46); <b>55</b> (44)
3	<b>1,3-dimetoxi-hexano</b>	0,51		<b>45</b> (100); <b>41</b> (40); <b>55</b> (37)
4	<b>2-etil-hexan-1-ol</b>	1,40		<b>43</b> (100), <b>57</b> (73), <b>41</b> (68), <b>70</b> (25)
5	<b>pentadecano</b>	6,70		<b>57</b> (100), <b>43</b> (90), <b>41</b> (70), <b>71</b> (46),
6	<b>8-metil-decanoato de metila</b>	5,73		<b>74</b> (100), <b>43</b> (69), <b>41</b> (54), <b>57</b> (51)
7	<b>2-metil-pentadecanoato</b>	3,25		<b>43</b> (100), <b>57</b> (92), <b>41</b> (53), <b>71</b> (37)
8	<b>12-metil-tetradecanoato de metila</b>	8,87		<b>43</b> (100), <b>74</b> (83), <b>57</b> (59), <b>55</b> (55)
9	<b>2-metil-heptadecano</b>	3,33		<b>43</b> (100), <b>57</b> (84), <b>41</b> (63), <b>71</b> (48)
10	<b>hexadecanoato de metila</b>	3,00		<b>74</b> (100), <b>43</b> (69), <b>41</b> (57), <b>57</b> (54)
11	<b>(E)-2,3-epoxinon-7-en-1-al</b>	2,64		<b>68</b> (100), <b>55</b> (53), <b>81</b> (32), <b>41</b> (29)
12	<b>2-pentil-non-2-en-1-al</b>	6,37		<b>43</b> (100), <b>57</b> (75), <b>55</b> (66), <b>41</b> (64)
13	<b>heptan-1-ol</b>	3,88		<b>43</b> (100), <b>69</b> (69), <b>41</b> (65), <b>55</b> (44)
14	<b>hepta-4-enoato de metila</b>	1,94		<b>74</b> (100), <b>43</b> (99), <b>68</b> (51), <b>69</b> (47)

15	<b>Fragranol</b>	32,8		68 (100), 67 (70), 43 (51), 69 (47)
----	------------------	------	-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------

CERA

16	<b>heptanoato de metila</b>	10,75		41 (100), 43 (92), 74 (86), 55 (65)
17	<b>nonenoato de metila</b>	4,64		41 (100), 55 (80), 43 (71), 59 (44)
18	<b>8-metil-decanoato de metila</b>	0,95		41 (100), 43 (91), 74 (81), 55 (67)
19	<b>heptan-2-ol</b>	6,89		45 (100), 43 (45), 55 (38), 41 (38)
20	<b>2,4,4-trimetil-pent-2-en-1-ol</b>	0,20		43 (100), 41 (96), 55 (84), 57 (20)
21	<b>2-metil-undecano</b>	0,99		43 (100), 57 (83), 41 (71), 55 (43)
22	<b>2-metil-tetradecano</b>	3,47		57 (100), 43 (99), 41 (67), 71 (36)
23	<b>12-metil-tetradecanoato de metila</b>	0,84		74 (100), 43 (83), 41 (73), 55 (64)
24	<b>hidrocarboneto não identificado</b>	0,26	--	43 (100), 57 (94), 41 (40), 71 (27)
25	<b>6-metil-octadecano</b>	15,65		57 (100), 43 (67), 41 (40), 71 (34)
26	<b>tetracosanoato de metila</b>	12,00		74 (100), 43 (68), 55 (64), 382 (M <sup>+</sup> )
27	<b>2-butil-octan-1-ol</b>	7,42		57 (100), 43 (81), 41 (49), 55 (46)

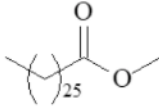
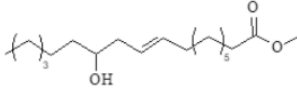
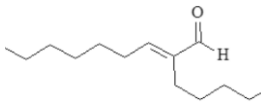
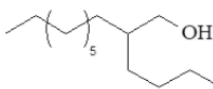
28	<b>heptacosanoato de metila</b>	4,21		<b>74</b> (100), <b>43</b> (63), <b>57</b> (61), <b>55</b> (52)
29	<b>ricinoleato de metila</b>	0,34		<b>55</b> (100), <b>43</b> (78), <b>74</b> (57), <b>41</b> (57)
30	<b>2-pentil-non-2-en-1-al</b>	0,52		<b>43</b> (100), <b>41</b> (80), <b>57</b> (75), <b>55</b> (69)
31	<b>2-etil-decan-1-ol</b>	8,56		<b>57</b> (100), <b>43</b> (72), <b>41</b> (48), <b>71</b> (47)
32	<b>éster metílico n.i</b>	4,21	--	<b>74</b> (100), <b>43</b> (64), <b>57</b> (57), <b>55</b> (49)

Tabela 2 - Constituintes identificados nas frações hexânicas de própolis e cera de *Apis mellifera*.

Legenda: I.R(calc.) – índice de retenção calculado; I.R(literat.) – índice de retenção da literature; N.I - Não identificado

Fonte: Barros, 2013

Para as abelhas, os lipídeos são importantes fontes de energia sendo utilizados na síntese de glicogênio, reserva de gordura, nutrição, reprodução, desenvolvimento e contribuição significativa para a produção de geleia real. Os alcanos de cadeia longa são constituintes da cutícula dos insetos, abelhas, previnem contra a dessecação, e apresentam importante papel na semioquímica entre os insetos sociais. Tem-se sugerido que constituintes como ácidos graxos, ésteres, alcoóis primários e alguns hidrocarbonetos como hexadecano, octadecano e heneicosano são utilizados pelas abelhas no reconhecimento entre os membros da colmeia (Schmitt et al., 2007).

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A composição em voláteis das amostras de mel, própolis e cera apresentou-se bem diversificada, isso porque as abelhas visitam-diferentes espécies vegetais, de acordo com o produto a ser elaborado. A maioria dos compostos são bioativos, e apresentam propriedades farmacológicas comprovadas, além de aplicações na indústria de cosméticos. Nenhuma substância da fração volátil foi comum aos três produtos. Comparando os ésteres metílicos identificados nas amostras de própolis e cera, foram majoritários: heptanoato de metila e tetracosanoato de metila. A cera foi o produto da colmeia que apresentou a maior quantidade de constituintes identificados.



## REFERÊNCIAS

- Alves, G. L. **Compostos voláteis importantes para o aroma de jenipapo (*Genipa americana* L.) e murici (*Byrsonima crassifolia* L.)**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 2004.
- Alves, E.; Kubota, E. H. 2013. **Conteúdo de fenólicos, flavonoides totais e atividade antioxidante de amostras de própolis comerciais**. Revista de Ciências Farmacêutica Básica e Aplicada, v. 34, p. 37- 41, 2013.
- Barros, E. D. S. **Identificação de constituintes químicos de produtos da colmeia (mel, propolis, e cera de abelha) de *Apis mellifera* produzidos na microrregião de Picos (PI)**. Dissertação de Mestrado. Universidade federal do Piauí, Brasil, 2013.
- Bisignano, G., M. G. Laganà, D. Trombetta, S. Arena, A. Nostro, N. Uccella, G. Mazzanti, A. Saija. **In vitro antibacterial activity of some aliphatic aldehydes from *Olea europaea* L.** FEMS Microbiology Letters, v. 198, p. 9 – 13, 2001.
- Bougatsos, C., Meyer, J. J. M.; Magiatis, P., Vagias, C., Chinou, I. B. **Composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Helichrysum kraussi* Sch. Bip. and *Helichrysum rugulosum* Less. from South Africa**. Flavour and Fragrance Journal, v. 18, p. 48-51.
- Farias, R. R. S. **Florística e fitossociologia de trechos de vegetação do complexo de Campo Maior, Campo Maior, Piauí**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, 2003.
- Folin, O., Ciocalteu, V. **On tyrosine and tryptophane determinations in proteins**. Journal of Biological Chemistry, v. 73, n. 2, p. 627-650, 1927.
- Gansäuer, A., Greb, A., Huth, I., Worgull, D., Knebel, K. **Formal total synthesis of (±)-fragranol via template catalyzed 4-exo cyclization**. Tetrahedron, v. 65, n. 52, p. 10791 – 10796, 2009.
- Guerra, J. V. V., Soares, V., Kuster, R. M.; Amorim, M. B., Silva, A. J. R. **Ácido caféico, p-cumárico e ferúlico em tomates comerciais**. 31ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Trabalhos da 31ª Reunião da Sociedade Brasileira de Química. Águas de Lindóia: Centro de Convenções do Hotel Monte Real Resort, 2008.
- Hartman, L., Lago, R. C. A. **Rapid preparation of fatty acid methyl from lipids**. Laboratory Practice, v. 22: p.475 – 473, 1973
- Jassbi, A. R., Asadollahi, M., Reisnejadian, S., Miri, R. **Essential Oil of *Tanacetum dumosum* as a New Source for Fragranol**. Chemistry of Natural Compounds, v. 49, p. 304-305, 2013.
- Kim, E. H., Kim, H. K., Choi, D. H., Ahn, Y. J. **Acaricidal activity of clove bud oil compounds against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae)**. Applied Entomology and Zoology, v. 38, n. 2, p. 261-266, 2003
- Legault, J., Dahl, W., Debiton, E., Pichette, A., Madelmont, J. C. **Antitumor activity of balsam oil: production of reactive oxygen species induced by alpha-humulene as possible mechanism of action**. Planta Medica, v. 69, n. 5, p. 402-407. 2003

- Liberato, M. C. T., Morais, S. M., Magalhães, C. E. C., Magalhães, I. L., Cavalcanti, D. B., Silva, M. M. O. **Physicochemical properties and mineral and protein content of honey samples from Ceará State, Northeastern Brazil.** Food Science and Technology, v. 33, p. 38-46, 2013.
- Limberger, R. P., Sobral, M., Henriques, A. T., Menut, C., Bessiére, J. **Óleos voláteis de espécies de *Myrcia* nativas do Rio Grande do Sul.** Química Nova, v. 27, n. 6, p. 916-919, 2004.
- Lobo, P. L. D. **Avaliação *in vivo* do óleo essencial de *Lippia sidoides*, nas apresentações farmacêuticas: bochecho, gel e dentifrício, na inibição de *Streptococcus mutans* em crianças com cárie.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- Lomascolo, A., Lesage-meessen, L., Haon, M., Navarro, D., Antona, C., Faulds, C., Marcel, A. **Evaluation of the potential of *Aspergillus niger* species for the bioconversion of L-phenylalanine into 2-phenylethanol.** World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 17, p. 99 – 102, 2001.
- Martinez, O. A., Soares, A. E. E. **Melhoramento genético na apicultura comercial para produção da própolis.** Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 13, n. 4, p. 982 – 990. 2012.
- Melo, L. F. **Implantação e acompanhamento de manejo de recursos vegetais com potencial para comercialização junto aos ribeirinhos do município de Manaquiri-AM.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.
- Pianaro, A. 2007. **Ecologia química de abelhas brasileiras: *Melipona rufiventris*, *Melipona scutellaris*, *Plebeia droryana*, *Nannotrigona testaceicornis*, *Tetragonisca angustula* e *Centris trigonoides*.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- Salla H. R., Fatma, S. A., Heba, M. A., Saleema, T. A., Warda, H. A. S. **A comparative study on the role of Omani honey with various foodsupplements on diabetes and wound healing.** Journal of King Saud University – Science, v. 32, p. 2122–2128, 2020.
- Schmitt, T., Herzner, G., Weckerle, B., Schreieir, P., Strohm, E. **Volatiles of foraging honeybees *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and their potential role as semiochemicals.** Apidologie, v. 38, p. 164-170. 2007
- Senatore, F., Napolitano, F., Arnold, N. A., Bruno, M., Herz, W. **Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Achillea falcata* L. (Asteraceae).** Flavour and Fragrance Journal, v. 20, n. 3, p. 291 – 294, 2005.
- Silva, I. S. **Constituintes voláteis de méis piauienses.** Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2007.
- Yang, Y. C., Lee, S. H., Lee, W. J., Choi, D. H., Ahn, Y. J.. **Ovicidal and adulticidal effects of *Eugenia caryophyllata* bud and leaf oil compound on *Pediculus capitis*.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 51, n. 17p. 4884-4888, 2003.
- Yuan, M., Yuan, X., Pineda, M., Liang, Z., Pan, T., Li, K. **A comparative study between Chinese propolis and Brazilian green propolis: metabolite profile and bioactivity.** Food and Function, v. 11, n. 3, p. 2368 – 2379.
- Zanella F. C. V., Martins, C. F. **Abelhas da Caatinga: biogeografia, ecologia e conservação.** In: Leal, I. R., Tabarelli, M., Da Silva, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga.** Recife: Universitária, 2003, p. 75 – 134.

# CAPÍTULO 11

## MEL: UMA JORNADA NA QUALIDADE

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 04/09/2020

### **Irana Paim Silva**

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Cidade/Estado: Cruz das Almas - Bahia  
<https://orcid.org/0000-0003-4448-1443>

### **Cerilene Santiago Machado**

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Cidade/Estado: Cruz das Almas - Bahia  
<https://orcid.org/0000-0002-3859-6722>

### **Macela Oliveira da Silva**

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Cidade/Estado: Cruz das Almas - Bahia  
<https://orcid.org/0000-0001-5728-7880>

### **Samira Maria Peixoto Cavalcante da Silva**

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Cidade/Estado: Cruz das Almas - Bahia  
<https://orcid.org/0000-0001-8275-4575>

### **Maiara Janine Machado Caldas**

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Cidade/Estado: Cruz das Almas - Bahia  
<https://orcid.org/0000-0002-7000-5750>

### **Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa**

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Cidade/Estado: Cruz das Almas - Bahia  
<http://orcid.org/0000-0003-1666-711X>

### **Geni da Silva Sodré**

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Cidade/Estado: Cruz das Almas - Bahia  
<https://orcid.org/0000-0002-6184-4720>

### **Carlos Alfredo Lopes de Carvalho**

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Cidade/Estado: Cruz das Almas - Bahia  
<http://orcid.org/0000-0002-3306-3003>

**RESUMO:** O mel é um dos principais produtos da colmeia e têm sido amplamente consumido por sua contribuição na promoção da saúde humana. Considerando a importância desse produto das colmeias, este estudo teve como objetivo fazer uma abordagem sobre os padrões de qualidade do mel de abelhas sociais, assim como seu potencial antioxidante. O estudo traz informações sobre a importância das abelhas nos ecossistemas e a sua contribuição na polinização, como também a determinação da identidade e riqueza em compostos bioativos do mel. Ressalta-se que o conhecimento das características do mel é de vital importância, uma vez que a sua qualidade e propriedades estão diretamente relacionadas a diversidade de espécies vegetais visitadas pelas abelhas. A diversidade de plantas nectaríferas proporciona variação nas características sensoriais e composição nutricional, além de evidenciar a necessidade de boas práticas de colheita, manipulação e armazenamento do mel, de forma a garantir a qualidade e a segurança desse produto para o consumidor.

**PALAVRAS-CHAVE:** abelhas melíferas; identidade; saúde; segurança alimentar.

## HONEY: A JOURNEY IN QUALITY

**ABSTRACT:** Honey is one of the main products from a beehive and has been widely consumed, as it promotes human health. Therefore, this study investigated the quality standards of honey from social bees, as well as its antioxidant potential. The study provides information on the importance of bees in ecosystems and their contribution to pollination, in addition to determining identity and richness in honey bioactive compounds. The knowledge of honey characteristics is vital, since its quality and properties are directly related to the diversity of plant species visited by bees. Diversity of nectariferous plants provides variation in sensory characteristics and nutritional composition and highlights the need for good honey harvesting, handling, and storage practices to ensure quality and safety of this product to consumers.

**KEYWORDS:** honey bees; identity; health; food security.

### 1 | INTRODUÇÃO

As abelhas são fundamentais no equilíbrio do ambiente pela sua atuação como polinizadores. A sua criação é considerada uma atividade de baixo impacto ambiental, além de seus produtos (mel, pólen, samburá, própolis, geoprópolis, cera, geleia real) que proporcionam retorno financeiro (FREITAS *et al.*, 2017).

O consumo de mel tem seu potencial nutritivo e terapêutico reconhecido desde a antiguidade. Sua utilização vai desde alimento, adoçante, aromatizante, conservante (MEO *et al.*, 2017; KHAN *et al.*, 2018) à elaboração de bebidas. O mel é um alimento que consiste principalmente de carboidratos, água e substâncias como proteínas (ALMEIDA-MURADIAN *et al.*, 2013; KHAN *et al.*, 2018), aminoácidos, enzimas, ácidos orgânicos, vitaminas, minerais (ALMEIDA-MURADIAN *et al.*, 2013; ALMEIDA-MURADIAN *et al.*, 2020; SCHLABITZ; SILVA; SOUZA, 2010), pigmentos, compostos fenólicos e voláteis, além das partículas sólidas derivadas da colheita do mel (ALMEIDA-MURADIAN *et al.*, 2013; ALMEIDA-MURADIAN *et al.*, 2020; MEO *et al.*, 2017).

O Brasil encontra-se entre os grandes produtores e exportadores mundiais de mel (GOMES *et al.*, 2017). Entretanto, o consumo pela população é considerado baixo e um dos menores do mundo (PEREIRA *et al.*, 2020), embora vem se intensificando devido às suas várias propriedades e qualidade como alimento. O incremento do consumo tem efeito direto na comercialização e, conseqüentemente, no aumento de casos de adulteração e contaminação (GOMES *et al.*, 2017). Neste aspecto, é necessário garantir os padrões de identidade e qualidade do mel, de modo que este produto possa ser consumido com segurança (CODEX, 2001; SILVA *et al.*, 2016). Neste contexto, este estudo teve como objetivo fazer uma abordagem sobre os padrões de qualidade do mel de abelhas sociais, assim como seu o potencial antioxidante.

## 2 | DA ABELHA AO MEL

Os insetos, por meio da polinização, prestam um serviço essencial ao ecossistema e a agricultura (LUCAS *et al.*, 2017). A fauna de polinizadores, em particular as abelhas sociais nativas (meliponíneos) e as exóticas do gênero *Apis*, desempenham um papel fundamental no ambiente, contribuindo na regeneração dos ecossistemas (SILVA *et al.*, 2014; SANTOS; MENDES, 2016) e na preservação da diversidade da flora (SILVA; ARAÚJO; SCHER, 2012).

No mundo são conhecidas mais de 20 mil espécies de abelhas, embora acredite-se que existam mais que o dobro, ainda não descrita (FREITAS *et al.*, 2017; PEREIRA; SOUSA, 2015; SANTOS; MENDES, 2016). A distribuição de espécies no Brasil se dá por cinco famílias (Andrenidae, Colletidae, Halictidae, Megachilidae e Apidae), estima-se que sejam mais de 2.500 espécies (SANTOS; MENDES, 2016; DÖHLER; PINA, 2017).

A criação das abelhas com ferrão (*Apis mellifera*) é denominada por apicultura e é amplamente reconhecida no mundo (LIRA *et al.*, 2014). Já a criação das abelhas sem ferrão é conhecida por meliponicultura, desenvolvida na Austrália, na região Neotropical e na África (CAMARGO, 2013; LIRA *et al.*, 2014; PEDRO, 2014).

Uma das causas responsáveis pelo aumento da produtividade na apicultura nacional foi o aperfeiçoamento do apicultor na manipulação da espécie (*Apis mellifera*), reformulando as técnicas de criação e produção do mel (SANTOS; MENDES, 2016). Além disso, incentivos do governo permitiram a geração de trabalho e renda para pequenos agricultores (RIVALDI *et al.*, 2009).

No Brasil, as abelhas sociais sem ferrão (Meliponini) destacam-se devido ao fácil manejo, associado a produção de mel, pólen e à polinização das plantas nativas (KERR *et al.*, 2001; SILVA; ARAÚJO; SCHER, 2012). Estas espécies têm sido estudadas, tanto pela sua importância como polinizadores (LIRA *et al.*, 2014), como também pelas características do seu mel, que se diferencia do mel de *A. mellifera* pelo sabor doce associado ao azedo e ácido (JALIL; KASMURI; HADI, 2017).

O mel é produzido pelas abelhas melíferas a partir do néctar e exsudações das plantas ou de excreções de insetos sugadores que ficam sobre partes vivas das plantas (BRASIL, 2000; SCHLABITZ; SILVA; SOUZA, 2010).

As abelhas operárias coletam o néctar e exsudações e levam para a colônia (BONVEHI; JORDÁ, 1993; KHAN *et al.*, 2018), transferindo-o para as “abelhas jovens” que o processam e armazenam nos favos. Durante o transporte e o processamento do néctar ocorre a adição de enzimas como a invertase por meio das glândulas hipofaríngea, que transforma a sacarose em glicose e frutose. Posteriormente é adicionado nos opérculos dos favos onde ocorre a remoção da maior parte da água do néctar (CRANE; VISSCHER, 2009; GARCIA-CRUZ *et al.*, 1999).

A composição do mel varia conforme a região, condições climáticas, tipologia do

solo, tipo de florada, espécie da abelha, estado fisiológico da colônia e estado de maturação do mel (ALVES *et al.*, 2005; GOMES *et al.*, 2017; KHAN *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2020; PÉRICO *et al.*, 2011).

Os principais componentes do mel são os açúcares, destacando-se os monossacarídeos, glicose e frutose (70% a 76,65%) (KHAN *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2020) e os dissacarídeos representado principalmente pela sacarose (10% a 15%) (KHAN *et al.*, 2018; NASCIMENTO *et al.*, 2020). Para além destes componentes, o mel também é composto por água (10 a 20%) e outras substâncias como as proteínas, minerais (KHAN *et al.*, 2018), aminoácidos, enzimas (amilase, peróxido de oxidase, catalase e fosforilase ácida) (KHAN *et al.*, 2018; NASCIMENTO *et al.*, 2020). Também são encontradas vitaminas, ácido pantotênico, ácidos orgânicos (MEO *et al.*, 2017), pólen, assim como pequenas concentrações de fungos e leveduras (SILVA *et al.*, 2015; SOUSA *et al.*, 2016), dentre outras partículas sólidas resultantes do processo de obtenção do mel (CODEX, 2001), como também, compostos fenólicos favorecendo atividade antimicrobiana (ALVAREZ *et al.*, 2010).

No decorrer do processamento e durante o armazenamento o mel pode sofrer alterações em sua composição. Neste contexto, estudos sobre as características físico-químicas dos méis são comumente relatados, sendo de fundamental importância para determinar a sua qualidade, inferindo sobre as suas propriedades biológicas (GOMES *et al.*, 2017) e garantindo ao consumidor um produto seguro (SILVA *et al.*, 2016).

### 3 I IDENTIDADE E QUALIDADE E DO MEL

As propriedades físico-químicas do mel são influenciadas pela composição do mel, bem como com a sua associação com a colheita, o processamento, o armazenamento e a adulteração (GOIS *et al.*, 2013; GOMES *et al.*, 2017; PÉRICO *et al.*, 2011).

Parâmetros de identidade e qualidade do mel são considerados essenciais para detectar possíveis adulterações (AYKAS; SHOTTS; RODRIGUEZ-SAONA, 2020; SCHLABITZ; SILVA; SOUZA, 2010), assim como para avaliar as condições de higiene durante a manipulação e o armazenamento do mel (SCHLABITZ; SILVA; SOUZA, 2010; SILVA *et al.*, 2016). Uma vez que o mel é estimado como o terceiro item alimentar mais adulterado do mercado (AYKAS; SHOTTS; RODRIGUEZ-SAONA, 2020), a adulteração não apenas reduz a qualidade do produto, como também diminui a sua credibilidade no comércio e na região (HE *et al.*, 2020).

Mundialmente a autenticidade do mel é definida pelo *Codex Alimentarius*, que estabelece a identidade e os requisitos essenciais de qualidade destinada ao consumo humano (CODEX, 2001). No Brasil, os padrões de qualidade para mel de *A. mellifera* são estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) por meio da Instrução Normativa N° 11, de 20 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000). Para o mel de abelha

sem ferrão, destaca-se que não há uma normativa nacional até o momento. No entanto, alguns Estados do Brasil já possuem Portaria ou Resolução com especificações para este tipo de mel, como no estado da Bahia com a Portaria Estadual da Agência de Defesa Agropecuária da Bahia N° 207 de novembro de 2014, para o mel do gênero *Melipona* na Bahia (ADAB, 2014). De acordo com a Legislação Brasileira, o mel não deve conter nenhum tipo de substância estranha a sua composição, sendo proibida adição de qualquer tipo de produto ou substância que altere a sua composição inicial (BRASIL, 2000; GOMES *et al.*, 2017).

Os critérios adotados para determinação da qualidade do mel são definidos pelas características sensoriais (cor, sabor, aroma e consistência) e físico-químicas (umidade, teor de açúcares redutores e sacarose aparente, atividade diastásica, hidroximetilfurfural, acidez, sólidos solúveis em água e minerais) (ADAB, 2014; BRASIL, 2000; CODEX, 2001; MERCOSUL, 1999) (Tabela 1). O conhecimento das características físico-químicas, microbiológicas e palinológicas do mel permitem definir ajustes metodológicos, e até mesmo agregar parâmetros de qualidade durante o processo de fabricação dos seus subprodutos.

Parâmetros	Legislação Brasileira	Legislação do Mercosul	Codex Alimentarius	Portaria ADAB
Cor	Incolor a pardo escuro	De quase incolor a pardo- escuro	Incolor a pardo-escuro	Incolor a pardo-escuro
Açúcares redutores (g.100 g <sup>-1</sup> )	Mín. 65,00	Mín. 65,00	Mín. 60,00	Mín. 60,00
Umidade (g.100 g <sup>-1</sup> )	Máx. 20,00	Máx. 20,00	Máx. 20,00	20 - 35,00 <sup>3</sup>
Sacarose (g.100 g <sup>-1</sup> )	Máx. 6,00	Máx. 6,00	Máx. 5,00	Máx. 6,00
Sólidos insolúveis em água (g.100 g <sup>-1</sup> )	Máx. 0,1	Máx. 0,1	Máx. 0,1	Máx. 0,1
Minerais (g.100 g <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	Máx. 0,6	Máx. 0,6	-	Máx. 0,6
Acidez (meq.Kg <sup>-1</sup> )	Máx. 50,00	Máx. 50,00	Máx. 50,00	Máx. 50,00
Atividade diastásica (escala de Göthe)	Mín. 8,00	Mín. 8,00	Mín. 8,00	Máx. 3,00
HMF (mg.Kg <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	Máx. 60,00	Máx. 60,00	Máx. 80,00 <sup>4</sup>	Máx. 10,00
Condutividade elétrica (mS/cm)	-	-	Máx. 0,8	-

Tabela 1. Parâmetros estabelecidos pela Legislação Brasileira (BRASIL, 2000), MERCOSUL (1999) e pelo *Codex Alimentarius* (CODEX, 2001) para o mel de *Apis mellifera* e a Portaria Estadual da Agência de Defesa Agropecuária da Bahia para o mel do gênero *Melipona* (ADAB, 2014).

<sup>1</sup> Cinzas; <sup>2</sup> HMF - hidroximetilfurfural; <sup>3</sup> Mel refrigerado; <sup>4</sup> Regiões tropicais. Fonte: BRASIL (2000); MERCOSUL (1999); CODEX (2001); ADAB (2014).

## 4 | ANÁLISE MELISSOPALINOLÓGICA

O conhecimento das espécies vegetais visitadas pelas abelhas contribui para a determinação da flora apícola e a indicação das fontes de néctar e pólen (SODRÉ *et al.*, 2008). Da mesma forma, o conhecimento sobre os recursos florais é necessário para a manutenção e conservação das abelhas em seus habitats (PINTO; ALBUQUERQUE; RÊGO, 2014).

A caracterização polínica do mel visa à criação de padrões, com base em fatores florísticos da região (NOBRE *et al.*, 2015). Contribui também para o seu valor de mercado (ANJOS *et al.*, 2015), atesta a sua procedência (SODRÉ *et al.*, 2008), bem como possíveis fraudes (ex.: erro na origem floral do mel no rótulo da embalagem do produto) (NOBRE *et al.*, 2015).

Para avaliar os tipos polínicos presentes no mel é utilizada a análise melissopalínológica, cujo resultado indica a fonte floral e a origem geográfica do néctar (SILVA *et al.*, 2013a). A análise melissopalínológica permite também, a caracterização do mel como monoflorais e heteroflorais (ANJOS *et al.*, 2015).

Os méis monoflorais, também chamados de uniflorais, são originários de flores de uma mesma família, gênero ou espécie (BARTH, 2004), contendo mais que 45% de pólen dominante (BARTH, 1989). Para estes autores os méis heteroflorais ou multiflorais são obtidos de diferentes origens botânicas, e não possuem pólen dominante.

A importância da identificação da composição florística do ambiente e, conseqüentemente, do pasto apícola, define as preferências florais e os tipos de pólen que possuem maior relevância para as espécies de abelhas (PINTO; ALBUQUERQUE; RÊGO, 2014). Esse diagnóstico é fundamental para estabelecer programas de conservação, preservação e a multiplicação de plantas com potencial melífero, auxiliando no estabelecimento de uma apicultura sustentável (BATISTA *et al.*, 2018).

## 5 | QUALIDADE MICROBIOLÓGICA

Os alimentos geralmente são contaminados pela manipulação incorreta, falta de cuidados higiênico-sanitários, na produção, processamento, armazenamento, e na conservação (IWAMOTO *et al.*, 2010). Como forma de detectar alterações nos alimentos decorrentes da contaminação microbiológica, alguns microrganismos são utilizados como indicadores, refletindo a qualidade e inocuidade do produto (VILELA *et al.*, 2011).

A maioria dos microrganismos indicadores das condições sanitárias, bem como de patógenos entéricos, são bactérias cujo ambiente natural é o intestino do homem e animais de sangue quente (CHANDRAN; HATHA, 2005). Os mais utilizados são as bactérias do gênero *Enterococcus*, os coliformes a 35 °C e a 45 °C, especialmente a *Escherichia coli* e os associados às práticas de higiene que incluem, entre outros, aeróbios mesófilos e *Staphylococcus coagulase positiva* (ORTEGA *et al.*, 2009).



Os produtos da colmeia apresentam uma microbiota particular (SCHLABITZ; SILVA; SOUZA, 2010). Esta pode ser representada por bactérias esporuladas, bolores e leveduras; microrganismos que indicam a qualidade sanitária ou comercial; os que em produto alimentar não tratado termicamente podem se desenvolver e causar doenças e por fim os microrganismos capazes de causar doenças em abelhas (*Paenibacillus larvae* e *Melissococcus plutonius*) (GOIS *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2015).

Quando comparado com outros produtos de origem animal, o mel apresenta uma baixa microbiota devido às suas características físico-químicas (pH, teor de umidade, potencial de oxidorredução e constituintes antimicrobianos) (Tabela 2) (MENDES *et al.*, 2009).

Classificação	Indicadores	Parâmetros	
		pH	Aw
Microrganismos	<i>Salmonella</i> spp.	6,5 - 7,5 <sup>2</sup>	Min. 0,95 <sup>1</sup>
	<i>Staphylococcus aureus</i>	6,0 - 7,0 <sup>1</sup>	Min. 0,83 <sup>1</sup>
	<i>Clostridium botulinum</i>	Min. 4,5 <sup>1</sup>	Min. 0,93 <sup>1</sup>
	Bolores	4,5 - 6,8 <sup>1</sup>	0,65 - 0,80 <sup>1</sup>
	Leveduras	4,0 - 6,5 <sup>1</sup>	0,61 - 0,88 <sup>1</sup>
	<i>Bacillus</i> spp.	4,3 - 9,3 <sup>1</sup>	0,93 <sup>1</sup>
Tipos de mel	Mel de <i>Apis mellifera</i>	3,51 - 4,63 <sup>3</sup>	0,54 - 0,75 <sup>1</sup>
	Mel de <i>Melipona</i> spp.	2,90 - 4,5 <sup>4</sup>	0,52 - 0,80 <sup>4</sup>

Tabela 2. Relação entre pH e atividade de água na faixa de desenvolvimento microbiano ideal em méis de *Apis mellifera* e *Melipona* spp.

Min = mínimo; Aw: atividade de água. <sup>1</sup>Franco e Landgraf (2008); <sup>2</sup>Silva, Duarte e Cavalcanti-Mata (2010); <sup>3</sup>Lira *et al.* (2014); <sup>4</sup>Camargo, Oliveira e Berto (2017).

Os microrganismos podem ser introduzidos no mel pela abelha por meio do pólen, néctar floral, poeira, terra, seu próprio corpo e trato digestivo (LIEVEN *et al.*, 2009). Além disso, pode haver contaminação secundária, considerada acidental devido a falhas de higiene durante a manipulação e beneficiamento (coliformes, fungos dos gêneros *Penicillium*, *Mucor*, *Saccharomyces* e bactérias do gênero *Bacillus* e *Clostridium*) (ALVES *et al.*, 2009; MENDES *et al.*, 2009; SCHLABITZ; SILVA; SOUSA, 2010), assim como condições de armazenamento e conservação incorretas (GOIS *et al.*, 2013).

A Legislação Brasileira não determina parâmetros microbiológicos para controle de

qualidade do mel, sendo necessários cuidados especiais na higienização e manipulação do produto (MARCHINI *et al.*, 2005). Os resultados de pesquisas com diversas espécies de mel de abelha e em diferentes regiões poderá contribuir para a atualização Legislação.

## 6 I AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

### 6.1 Umidade

A umidade é um importante parâmetro para a determinação da qualidade do mel, influenciando na multiplicação de microrganismos, maturação, conservação (SILVA *et al.*, 2013b), sabor e a viscosidade do produto (RICHTER *et al.*, 2011).

As operárias de *A. mellifera* operculam os alvéolos com um teor de umidade do mel em torno de 18% (GOMES *et al.*, 2017), teor este, influenciado pelas condições climáticas, época de colheita e vegetação (SODRÉ *et al.*, 2007). O mel de abelhas do gênero *Melipona* possui teor de umidade em torno de 30%, sendo superior ao de *A. mellifera* (GOMES *et al.*, 2017), fator considerado diferencial no mel de abelhas sem ferrão (LIRA *et al.*, 2014). Este elevado teor de água é resultado da baixa taxa de desidratação do néctar durante o processo de transformação em mel (ALVES *et al.*, 2005), o que confere viscosidade mais baixa e condições de conservação diferentes daquelas dos méis cuja umidade é menor (MENDES *et al.*, 2009).

### 6.2 Açúcares redutores

Os açúcares são responsáveis pelo valor energético, viscosidade, higroscopicidade e granulação (KAMAL; KLEIN, 2011). O teor de açúcares no mel depende principalmente da sua origem botânica (flora nectarífera) e origem geográfica, também é influenciado pelo clima, processamento e armazenamento (SILVA *et al.*, 2016). O mel normalmente possui em torno de 95 g de açúcares para cada 100 g de massa seca (GOMES *et al.*, 2017). Os açúcares redutores são monossacarídeos que podem ser oxidados por agentes oxidantes, como o íon cúprico ( $\text{Cu}^{2+}$ ). O íon cúprico oxida a glicose e outros açúcares a uma complexa mistura de ácidos carboxílicos (NELSON; COX, 2014).

Os monossacarídeos correspondem cerca de 75% dos açúcares encontrados no mel de *A. mellifera* (KAMAL; KLEIN, 2011), representado principalmente pela frutose e glicose que possuem uma concentração média de 38,38%, 30,31%, respectivamente (KHAN *et al.*, 2018). Estes apresentam importante função no produto final, uma vez que a frutose tem alta higroscopicidade, enquanto que a glicose determina a tendência de cristalização (GOMES *et al.*, 2017).

A porcentagem de dissacarídeos oscila entre 10 a 15% (KAMAL; KLEIN, 2011; KHAN *et al.*, 2018), representados por sacarose, maltose, turanose, isomaltose, maltulose, trealose, nigerose e kojibiose e os trissacarídeos por maltotriose, melezitose e panose (KAMAL; KLEIN, 2011; KHAN *et al.*, 2018; MEO *et al.*, 2017). Dissacarídeos e trissacarídeos

como sacarose e maltotriose são hidrolisados via enzimas para monossacarídeos (SILVA *et al.*, 2015). Ressalta-se também que são encontradas pequenas quantidades de outros açúcares, aproximadamente 22 tipos (KAMAL; KLEIN, 2011; KHAN *et al.*, 2018).

Méis de meliponíneos possuem teores mais baixos de açúcares (70%) e sabor adocicado, assim como o mel de *A. mellifera* os principais açúcares encontrados são a glicose e a frutose, entretanto em proporções quase iguais (ALVES *et al.*, 2005).

### 6.3 Sacarose

A sacarose é um dissacarídeo não redutor, resultante da união covalente de dois monossacarídeos por uma ligação O-glicosídica, a sua estabilidade frente à oxidação a torna uma molécula adequada para o armazenamento e o transporte de energia em plantas (NELSON; COX, 2014). A sacarose é constituída por uma molécula de frutose ligada à glicose por uma ligação  $\alpha$ -1-4 ao ser hidrolisada pela enzima invertase da origem a uma mistura equimolar de hexoses (SILVA *et al.*, 2015).

O teor elevado de sacarose significa, na maioria das vezes, uma colheita prematura do mel, isto é, um produto em que a sacarose ainda não foi totalmente transformada em glicose e frutose (ALVES *et al.*, 2005; SODRÉ *et al.*, 2007). Além disso, elevado teor de sacarose pode indicar que o mel sofreu algum tipo de adulteração (RICHTER *et al.*, 2011) em função de edulcorantes (como açúcar de cana, açúcar refinado de beterraba, xarope de milho, frutose ou xarope de maltose) ou que as abelhas foram alimentadas com sacarose (SILVA *et al.*, 2015).

### 6.4 Atividade Diastásica

A diastase é uma das enzimas presente no mel ( $\alpha$ -amilase), que degrada o amido (SILVA *et al.*, 2016), gerando principalmente maltose e maltotriose (dissacarídeos e trissacarídeos) e oligossacarídeos chamados de dextrinas, degradadas até a glicose (NELSON; COX, 2014).

Por ser sensível ao calor esta enzima é utilizada como indicador do nível de conservação e superaquecimento, bem como do grau de preservação e envelhecimento do mel (MENDES *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2016). No entanto, White (1992) questiona em seu estudo a utilização da diastase como indicador da qualidade, e destaca que méis de regiões mais quentes e até mesmo o mel em favo pode possuir ter baixo de diastase.

O conteúdo enzimático no mel pode variar conforme a idade da abelha, período de colheita, estado fisiológico da colônia, quantidade de líquidos e açúcar do néctar (SILVA *et al.*, 2016).

Nos méis de abelhas sociais sem ferrão a atividade da enzima é reduzida, por isso este tipo de mel não deve ser considerado como adulterado ou com falta de qualidade. Esta deve ser considerada como uma peculiaridade do mel (ALMEIDA-MURADIAN *et al.*, 2013).

## 6.5 Hidroximetilfurfural (HMF)

O hidroximetilfurfural é um composto químico formado a partir de carboidratos, especialmente frutose, em condições de degradação térmica e/ou catalisada por ácidos (GOMES *et al.*, 2010; KRAINER *et al.*, 2016; PASIAS; KIRIAKOU; PROESTOS, 2017).

Este composto é um produto da reação de Maillard, resultado da reação entre os açúcares redutores com uma amina para formar uma base de *Schiff*. A base sofre rearranjo, formando produtos de Amadori (uma reação chave para escurecimento). As seguintes reações dão um intermediário desidratado, que forma um derivado de furano que se origina de uma hexose, conhecida como 5-HMF e/ou um derivado composto por uma pentose, como furfural (CAPUANO; FOGLIANO, 2011; SILVA *et al.*, 2016).

O HMF é utilizado para avaliar o frescor (PETRETTO *et al.*, 2015), o superaquecimento (SILVA *et al.*, 2013b), a adição de açúcar comercial e a estocagem inadequada do mel (RICHTER *et al.*, 2011), uma vez que está ausente em méis frescos e tende a aumentar durante o processamento e ou envelhecimento do produto (ALMEIDA-MURADIAN *et al.*, 2013). Em doses elevadas representa um risco para a saúde, apresentando efeitos nocivos como: citotóxico, carcinogênico, mutagênico e genotóxico (CAPUANO; FOGLIANO, 2011).

O *Codex Alimentarius*, Organização Mundial da Saúde e União Europeia estabelecem um nível máximo para o conteúdo de HMF no mel de 40 mg.kg<sup>-1</sup> (PASIAS; KIRIAKOU; PROESTOS, 2017). Destacam que em méis de países ou regiões de ambientes tropicais o teor de HMF não deve ultrapassar 80 mg.kg<sup>-1</sup> (CODEX, 2001). A Legislação Brasileira determina que o teor de HMF não exceda 60 mg.kg<sup>-1</sup> para mel de *A. mellifera* (BRASIL, 2000) e máximo de 10 mg.kg<sup>-1</sup> em mel de abelha social sem ferrão do gênero *Melipona* (ADAB, 2014).

## 6.6 Acidez Livre

A acidez livre está associada à maturidade, época da colheita do mel e/ou fatores climáticos, que favorecem reações químicas, enzimáticas e microbiológicas capazes de liberar compostos ácidos no meio, variando também em função da composição floral (LIRA *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2013b; SOUSA *et al.*, 2016; YADATA, 2014).

A acidez do mel é devido a presença dos ácidos glucônico, succínico, málico, acético, cítrico, fórmico, láctico, fólico e butírico, destacando-se ácido cítrico e glucônico (RICHTER *et al.*, 2011; YADATA, 2014). O glucônico é resultado da degradação da glicose pela ação de microrganismos durante a maturação do mel, bem como a quantidade de minerais presentes (LIRA *et al.*, 2014).

## 6.7 pH

A determinação do pH no mel é de grande importância, uma vez que contribui para as características do produto (textura, estabilidade e vida de prateleira) (SCHLABITZ; SILVA; SOUZA, 2010; SILVA *et al.*, 2013b). A Legislação Brasileira (2000), ADAB (2014) e o *Codex Alimentarius* (2001) não exigem este parâmetro como requisito de qualidade, entretanto em

alguns estudos vem sendo avaliado por interferir no crescimento de microrganismos (LIRA *et al.*, 2014). Além disso, valores baixos de pH podem indicar a ocorrência de fermentação, resultado da presença de microrganismos ou adulteração do produto (GOMES *et al.*, 2017).

## 6.8 Cinzas e Condutividade Elétrica

O teor de cinzas avalia a pureza do mel, visando o controle de qualidade (ADAB, 2014; BRASIL, 2000). É mensurado por medida indireta da composição mineral e pode ser relacionado com a origem botânica e geográfica do mel, com a poluição ambiental (GOMES *et al.*, 2017) e com contaminantes associados a colheita. O conteúdo mineral varia de 0,04% em méis claros a 0,2% em méis escuros (SILVA *et al.*, 2016). Sua importância deve-se ao fato de alguns minerais ou oligoelementos, serem componentes essenciais de enzimas envolvidas em reações metabólicas no organismo humano (SILVA *et al.*, 2016; SOLAYMAN *et al.*, 2016).

Por outro lado, a condutividade elétrica tem sido descrita como uma medida da quantidade de elementos minerais que possuem boa propriedade de condução elétrica, uma vez que o mel contém ácidos orgânicos e minerais, “ionizáveis” (SOUSA *et al.*, 2016; YADATA, 2014). Está diretamente relacionada com a concentração de sais minerais, ácidos orgânicos e proteínas (ALMEIDA-MURADIAN *et al.*, 2013; RICHTER *et al.*, 2011).

## 6.9 Cor

A cor do mel, além do sabor e do aroma, é uma das características que permite uma primeira impressão do produto pelo consumidor (ANJOS *et al.*, 2015; PETRETTO *et al.*, 2015).

Este parâmetro é influenciado diretamente pela origem botânica, e pode variar do branco d’água ao âmbar escuro (Tabela 3) (CODEX, 2001), dependendo da composição em termos de açúcares, ácidos orgânicos, enzimas, vitaminas, flavonoides, minerais, compostos orgânicos (OLIVERA *et al.*, 2012; PONTIS *et al.*, 2014), da temperatura de conservação, da idade do produto, da origem botânica e geográfica, da reação de Maillard e da caramelização da frutose. Além disso, durante o armazenamento o mel também pode sofrer mudanças, tornando-se mais escuro (ALVES *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2016).

Cor	Escala de Pfund (mm)*	Faixa de coloração: Absorbância (nm)*
Branco d’água	1 a 8	0,030 ou menos
Extra branco	8 a 17	0,030 a 0,060
Branco	17 a 34	0,060 a 0,120
Êtra âmbar claro	34 a 50	0,120 a 0,188

Âmbar claro	50 a 85	0,188 a 0,440
Âmbar	85 a 114	0,440 a 0,945
Âmbar escuro	> 114	> 0, 945

Tabela 3. Escala de cores de classificação de méis adaptada de Vidal e Fregosi (1984).

\*mm = milímetros; nm=nanômetros (absorbância).

Em muitos países, o preço do mel é relacionado com a cor. Embora os méis escuros sejam apreciados em determinadas regiões, os méis claros geralmente possuem um valor de mercado superior (SILVA *et al.*, 2016). Além disso, é observado por alguns autores uma correlação positiva entre a cor e os polifenóis, bem como entre a cor e a atividade antioxidante (PETRETTO *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2016).

## 7 I COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

### 7.1 Compostos fenólicos

Representando os principais metabólitos secundários das plantas, os compostos fenólicos são biosintetizados principalmente para proteção contra estresse biótico e abiótico e dano oxidativo (CIULO *et al.*, 2016; SCEPANKOVA; SARAIVA; ESTEVINHO, 2017). Um grupo quimicamente heterogêneo, com mais de 10.000 compostos, agrupados em diferentes classes, estes podem ser divididos em não flavonoides (ácidos fenólicos) e flavonoides (flavonas, flavonóis, flavanonas, flavanois, antocianidina, isoflavonas e chalconas) (ANDERSEN; MARKHAM, 2005; SILVA *et al.*, 2015).

Os ácidos fenólicos constituem uma importante classe de compostos fenólicos com funções bioativas (SILVA *et al.*, 2015). Os flavonoides são compostos fenólicos de baixo peso molecular, responsáveis pelo aroma e pelo potencial antioxidante do mel (MONIRUZZAMAN *et al.*, 2014).

A presença dos compostos fenólicos nos alimentos tem despertado grande interesse por parte dos investigadores e pela sociedade, devido à sua atuação frente às espécies reativas de oxigênio (ERO) (SUCUPIRA *et al.*, 2012), agindo como antioxidantes, inibindo a oxidação lipídica (SILVA *et al.*, 2015), quelando metais de transição, como o  $Fe^{2+}$  e o  $Cu^{+}$ , modificando o potencial redox do meio e reparando lesões a moléculas (SUCUPIRA *et al.*, 2012).

As fontes de compostos fenólicos no mel podem ser atribuídas a origem floral, presentes principalmente no néctar (CIULO *et al.*, 2016; SCEPANKOVA; SARAIVA; ESTEVINHO, 2017). Os principais compostos fenólicos encontrados no mel são o ácido gálico, ácido caféico, ácido ferrúlico, ácido m-cumárico, ácido vanílico, ácido p-cumárico,

ácido trans-cinâmico e quercetina (CIULU *et al.*, 2016). Estima-se que o teor de compostos fenólicos total no mel oscile entre 20 a 193 mg equivalentes de ácido gálico (GAE) e de flavonoides entre 1,1 a 7,5 mg equivalentes de quercetina (QE).100 g<sup>-1</sup>. Assim como outros compostos orgânicos, os compostos fenólicos podem ser degradados no mel dependendo das condições ambientais a que estão submetidos (SCEPANKOVA; SARAIVA; ESTEVINHO, 2017).

## 7.2 Atividade antioxidante

Os radicais livres são átomos, moléculas ou íons com um ou mais elétrons não pareados que são reativos e tóxicos para as células (SOLAYMAN *et al.*, 2016). Em excesso, os radicais livres e oxidantes geram o estresse oxidativo, um processo deletério que pode alterar as membranas celulares e outras estruturas (proteínas, lipídios, lipoproteínas e o ácido desoxirribonucleico (DNA)) (PHAM-HUY; HE; PHAM-HUY, 2008). As defesas antioxidantes do organismo diminuem os efeitos nocivos dos radicais livres (SOLAYMAN *et al.*, 2016).

A atividade antioxidante é uma das funções fisiológicas de muitos compostos encontrados em alimentos (SURIYATEM *et al.*, 2017). Estima-se que essa ação proteja o organismo contra oxidação, resultando na prevenção de doenças, tais como câncer, artrite, envelhecimento, distúrbios autoimunes, doenças cardiovasculares, neurodegenerativas e diabetes (PHAM-HUY; HE; PHAM-HUY, 2008; SURIYATEM *et al.*, 2017).

No mel os principais responsáveis pelo efeito antioxidante são os flavonoides, ácidos fenólicos, ácido ascórbico, carotenoides, produtos da reação de Maillard (MONIRUZZAMAN *et al.*, 2014), algumas enzimas como glicose oxidase, catalase e peroxidase, aminoácidos e proteínas (SOLAYMAN *et al.*, 2016).

Vários testes para avaliar e quantificar a capacidade antioxidante de alimentos em amostras biológicas foram desenvolvidos, porém ressaltam que não existe um método universal que possa avaliar a capacidade antioxidante de amostras com natureza diversa de forma precisa e quantitativa (FERREIRA *et al.*, 2009; SUCUPIRA *et al.*, 2012).

A atividade antioxidante baseada na eliminação do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) é considerada uma metodologia válida e de fácil execução (BOBO-GARCIA *et al.*, 2014). A capacidade de redução do ferro (FRAP), baseia-se na produção do íon Fe<sup>2+</sup> (forma ferrosa), a partir da redução do íon Fe<sup>3+</sup> (forma férrica) presente no complexo 2,4,6 tripiridil-s-triazina (TPTZ) (URREA-VICTORIA *et al.*, 2016).

Outro método considerado sensível e de natureza bioquímica é a co-oxidação do  $\beta$ -caroteno (LORENZO *et al.*, 2014; SUCUPIRA *et al.*, 2012). Sua determinação baseia-se no branqueamento competitivo do  $\beta$ -caroteno durante a auto-oxidação de ácido linoleico em emulsão aquosa (LORENZO *et al.*, 2014; TAGA; MILLER; PRATT, 1984).

## 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mel é um produto que possui características múltiplas, representando a diversidade da flora, bem como a espécie que o produz. As suas propriedades físico-químicas e bioativas vêm contribuindo ao longo do tempo com a promoção da saúde, elevando a sua utilização na medicina popular, bem como a introdução da cultura do consumo de produtos naturais. A crescente demanda do produto aumenta a necessidade de medidas rigorosas para evitar adulterações e alterações capazes de causar danos ao organismo humano e garantir um produto de qualidade. Nesse contexto, surge a importância de novos parâmetros estabelecidos na legislação, como microbiológicos e bioativos que podem contribuir como medidas para a qualidade do produto.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código Financeiro 001, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo 305885/2017) e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB (APP 0083/2016).

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA DA BAHIA. Portaria ADAB nº 207 de 21 de novembro de 2014. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel de Abelha social sem ferrão gênero *Melipona*. **Diário Oficial do Estado [da Bahia]**, 26 nov. 2014.

ALMEIDA-MURADIAN, L. B. de *et al.* Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. **International journal of food science and technology**, [s. l.], v. 48, n. 8, p.1698-1706, 2013.

ALMEIDA-MURADIAN, L. B. de *et al.* Standard methods for *Apis mellifera* honey research. **Journal of apicultural research**, [s. l.], v. 59, n. 3, p. 1-62, 2020.

ALVARÉZ, S. J. M. *et al.* Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. **Food and chemical toxicology**, [s. l.], v. 48, n. 8-9, p. 2490-2499, 2010.

ALVES, R. M. O. *et al.* Características físico-químicas de amostras de mel de *Melipona mandacaia* Smith (Hymenoptera: Apidae). **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 644-650, 2005.

ALVES, E. M. *et al.* Presença de coliformes, bolores e leveduras em amostras de mel orgânico de abelhas africanizadas das ilhas do alto rio Paraná. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2222-2224, 2009.

ANDERSEN, O. M.; MARKHAM, K. R. **Flavonóides: química, bioquímica e aplicações**. Nova York: Taylor & Francis, 2005. 1256 p.



ANJOS, O. *et al.* Neural networks applied to discriminate botanical origin of honeys. **Food chemistry**, [s. l.], v. 175, p. 128-136, 2015.

AYKAS, D. P.; SHOTTS M.-L.; RODRIGUEZ-SAONA, L. E. Authentication of commercial honeys based on Raman fingerprinting and pattern recognition analysis. **Food control**, [s. l.], v. 117, 107346, p. 1-7, 2020.

BARTH, O. M. **O pólen no mel brasileiro**. Gráfica Luxor: Rio de Janeiro, 1989. 150 p.

BARTH, O. M. Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. **Scientia Agricola**, Piracicaba, n. 61, v. 3, p. 342-350, 2004.

BATISTA, M. D. C. da S. *et al.* Alimentação das abelhas: revisão sobre a flora apícola e necessidades nutricionais. **Journal of biology & Pharmacy and agricultural management**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 62-72, 2018.

BOBO-GARCÍA, G. *et al.* Intra-laboratory validation of microplate methods for total phenolic content and antioxidant activity on polyphenolic extracts, and comparison with conventional spectrophotometric methods. **Journal of the science of food and agriculture**, [s. l.], v. 95, n. 1, p. 204-209, 2014.

BONVEHI, J.S.; JORDÁ, R. E. The microbiological quality of honey as determined by aerobic colony counts. **Journal of food protection**, [s. l.], v. 56, n.4, p. 336-337, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº. 11, 20 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel, conforme o Anexo a esta Instrução Normativa e revoga a Portaria nº. 367, de 4 de setembro de 1997, que aprovou o Regulamento Técnico para fixação de Identidade e Qualidade do Mel. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**: seção 1, Brasília, DF, p. 1-6, 23 jan. 2001.

CAMARGO, J. M. F. de. Historical Biogeography of the Meliponini (Hymenoptera, Apidae, Apinae) of the Neotropical Region. *In: Vit, P. et al. (ed.). Pot-honey: a legacy of stingless bees*. New York: Springer, 2013. Chapter 2, p. 19-34.

CAMARGO, R. C. R.; OLIVEIRA, K. L.; BERTO, M. I. Mel de abelhas sem ferrão: proposta de regulamentação. **Brazilian journal of food technology**, Campinas, v. 20, e2016157, 2017.

CAPUANO E.; FOGLIANO V. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): a review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. **LWT- Food science and technology**, [s. l.], v. 44, p. 793-810, 2011.

CHANDRAN, A.; HATHA, A. A. M. Relative survival of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in a tropical estuary. **Water research**, [s. l.], v. 39, n. 7, p. 1397-1403, 2005.

CIULO, M. *et al.* Review recent advances in the analysis of phenolic compounds in unifloral honeys. **Moleculas**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 451, p.1-32, 2016.

CODEX ALIMENTARIUS. Standards and standard methods. Codex Stan 12-1981. Adopted in 1981 and revisions 1987 and 2001. **Codex standard for Honey - revision 2**, v. 11, p. 1-8, 2001.

CRANE, E.; VISSCHER, K. Honey. In. RESH, V. H.; CARDÉ, R. T. **Encyclopedia of insects**. Reino Unido: Elsevier, 2 th ed. 2009. Chapter 121, p. 459-461.

DÖHLER, T. L.; PINA, W. C. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes florais do sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) em Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil. **Scientia plena**, [s. l.], v. 13, n. 8, p. 1-7, 2017.

FERREIRA, I. C. F. R. *et al.* Antioxidant activity of Portuguese honey samples: different contributions of the entire honey and phenolic extract. **Food chemistry**, [s. l.], v. 114, n. 4, p. 1438-1443, 2009.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. cap. 8, p. 149-154.

FREITAS, P. V. V. X. de *et al.* Declínio populacional das abelhas polinizadoras: revisão. **PUBVET**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 1-10, 2017.

GARCIA-CRUZ, C. H. *et al.* Determinação da qualidade do mel. **Alimentos e nutrição**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 23-35, 1999.

GOIS, G. C. *et al.* Composição do mel de *Apis mellifera*: requisitos de qualidade. **Acta veterinaria brasilica**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 137-147, 2013.

GOMES, S. *et al.* Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. **Food chemical toxicol**, [s. l.], v. 48, n. 2, p. 544-548, 2010.

GOMES, V. V. *et al.* Avaliação da qualidade do mel comercializado no Oeste do Pará, Brasil. **Revista virtual química**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 815-826, 2017.

HE, C. *et al.* Compositional identification and authentication of Chinese honeys by 1H NMR combined with multivariate analysis. **Food research international**, [s. l.], v. 130, 108936, 2020.

IWAMOTO, M. *et al.* Epidemiology of seafood-associated infections in the United States. **Clinical microbiology reviews**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 399-411, 2010.

JALIL, M. A. A.; KASMURI, A. R.; HADI, H. Stingless bee honey, the natural wound healer: a review. **Skin pharmacol physiol**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 66-75, 2017.

KAMAL, M. A.; KLEIN, P. Determination of sugars in honey by liquid chromatography. **Saudi journal of biological sciences**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 17-21, 2011.

KERR, W. E. *et al.* Biodiversidade, Pesquisa e Desenvolvimento na Amazônia: aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. **Parcerias estratégicas**, Brasília-DF, n. 12, p. 20-41, 2001.

KHAN, S. U. Honey: single food stuff comprises many drugs. **Saudi journal of biological sciences**, [s. l.], v. 25, n.2, p. 320-325, 2018.

KRAINER, S. *et al.* Effect of hydroxymethylfurfural (HMF) on mortality of artificially reared honey bee larvae (*Apis mellifera carnica*). **Ecotoxicology**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 320-328, 2016.

LIEVEN, M. *et al.* Avaliação da qualidade microbiológica do mel comercializado no extremo sul da Bahia. **Revista baiana de saúde pública**, [Salvador], v. 33, n. 4, p. 544-552, 2009.

LIRA, A. F. *et al.* Estudo comparativo do mel de *Apis mellifera* com méis de meliponíneos. **Acta veterinária brasileira**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 169-178, 2014.

LORENZO, J. M. *et al.* Influence of natural extracts on the shelf life of modified atmosphere-packaged pork patties. **Meat science**, [s. l.], v. 96, n. 1, p. 526-534, 2014.

LUCAS, A. *et al.* Flower resource and land management drives hoverfly communities and bee abundance in seminatural and agricultural grasslands. **Wiley-ecology and evolution**, [s. l.], v. 7, n. 19, p. 8073-8086, 2017.

MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C.; OTSUK, I. P. Análise de agrupamento, com base na composição físico-química, de amostras de méis produzidos por *Apis mellifera* L. no Estado de São Paulo. **Ciência tecnologia alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 8-17, 2005.

MENDES, C. G. *et al.* As análises de mel: revisão. **Revista caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 7-14, 2009.

MEO, S. A. *et al.* Role of honey in modern medicine. **Saudi journal of biological sciences**, [s. l.], v.24, n.5, p. 975-978, 2017.

MERCOSUL. Grupo de Mercado Comum. Aprova o Regulamento Técnico MERCOSUL: Identidade e qualidade do mel, conforme o anexo a esta Resolução n°. 88/99 na XXXVI GMC e revoga as resoluções GMC n° 15/94 e 56/99. **Regulamento Técnico MERCOSUL**. Montevidéu, p. 1-6, 18 nov. 1999.

MONIRUZZAMAN, M. *et al.* Identification of phenolic acids and flavonoids in monofloral honey from Bangladesh by high performance liquid chromatography: determination of antioxidant capacity. **BioMed research international**, [s. l.], v. 2014, ID737490, 2014.

NASCIMENTO, A. S. do; NASCIMENTO, A. S. do; CARVALHO, C. A. L. de. Honey: the main product of brazilian beekeeping activity and its quality requirements. *In*: PEREIRA, A. I. A. (org.). **Coletânea nacional sobre entomologia 2**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, p. 68-78. 2020.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1328 p.

NOBRE, S. B. *et al.* Características polínicas de méis de *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera, Apidae, Apini) do litoral norte, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de ciências ambientais**, Canoas, v. 9, n. 1, p. 87-100, 2015.

OLIVEIRA, P. S. *et al.* Ácidos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante em méis de *Melipona fasciculata*, *M. flavolineata* (Apidae, Meliponini) e *Apis mellifera* (Apidae, Apini) da Amazônia. **Química nova**, São Paulo, v. 35, n. 9, p. 728-732, 2012.

ORTEGA, C. *et al.* Correlations between microbial indicators, pathogens, and environmental factors in a subtropical estuary. **Marine pollution bulletin**, [s. l.], v. 58, n. 9, p.1374-1381, 2009.

PASIAS, N.; KIRIAKOU, I. K.; PROESTOS, C. HMF and diastase activity in honeys: a fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration Ioannis. **Food chemistry**, [s. l.], v. 229, p. 425-431, 2017.

PEDRO, S. R. M. The Stingless Bee Fauna In Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 61, n. 4, p. 348-354, 2014.

PEREIRA, S. A. N.; SOUSA, C. S. Levantamento da fauna de abelhas no município de Monte Carmelo-MG. **Getec**, [Monte Carmelo], v. 4, n. 7, p. 11-24, 2015.

PEREIRA J. R. *et al.* Physical-chemical characterization of commercial honeys from Minas Gerais, Brazil. **Food bioscience**, [s. l.], v. 36, 100644, 2020.

PÉRICO, E. *et al.* Avaliação microbiológica e físico-química de méis comercializados no município de Toledo, PR. **Revista ciência exatas e naturais**, Guarapuava, v. 13, n. 3, p. 365-382, 2011.

PETRETTO, G. L. *et al.* Volatiles, color characteristics and other physico-chemical parameters of commercial Moroccan honeys, **Natural product research: formerly natural product letters**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 286-292, 2015.

PHAM-HUY, L. A.; HE, H.; PHAM-HUY, C. Free radicals, antioxidants in disease and health. **International journal of biomedical science**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 89-96, 2008.

PINTO, R. S.; ALBUQUERQUE, P. M. C.; RÊGO, M. M. C. Pollen analysis of food pots stored by *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera: Apidae) in a restinga area. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 61, n. 4, p. 461-469, 2014.

PONTIS, J. A. *et al.* Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. **Food science and technology**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 69-73, 2014.

RICHTER, W. *et al.* Avaliação da qualidade físico-química do mel produzido na cidade de Pelotas/ RS. **Alimentos e nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 547-553, 2011.

RIVALDI, J. D. *et al.* Caracterização e perfil sensorial de hidromel produzido por *Saccharomyces cerevisiae* IZ 888. **Brazilian journal food technology**, Campinas, VII BMCFB, T0116, p. 58-63, 2009.

SANTOS, A. M. M.; MENDES, E.C. Abelha africanizada (*Apis mellifera* L.) em áreas urbanas no Brasil: necessidade de monitoramento de risco de acidentes. **Revista SUSTINERE**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 117-143, 2016.

SCEPANKOVA, H.; SARAIVA, J. A.; ESTEVINHO, L. M. Honey health benefits and uses in medicine. In: ALVAREZ-SUAREZ, J. (ed.). **Bee products - chemical and biological properties**. Cham: Springer, 2017, cap 4, p. 83-96.

SCHLABITZ, C.; SILVA, S. A. F.; SOUZA, C. F. V. Avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em mel. **Revista brasileira de tecnologia agroindustrial**, Paraná, v. 4, n. 1, p. 80-90, 2010.

- SILVA, F. A. S. E.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Nova metodologia para interpretação de dados de análise sensorial de alimentos. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 967-973, 2010.
- SILVA, W. R. T.; ARAÚJO, E. D.; SCHER, R. Caracterização do cariótipo de uma população de abelhas *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Meliponini), no município de Brejo Grande/SE. **Scientia plena**, [s. l.], v. 8, n. 3, 039904, 2012.
- SILVA, I. A. A. da *et al.* Phenolic profile, antioxidant activity and palynological analysis of stingless bee honey from Amazonas, Northern Brazil. **Food chemistry**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 3552-3558, 2013a.
- SILVA, T. M. S. *et al.* Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. **Journal of food composition and analysis**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 10-18, 2013b.
- SILVA, G. R. da *et al.* Aspectos bioecológicos e genético-comportamentais envolvidos na conservação da abelha Jandaíra, *Melipona subnitida* Ducke (Apidae, Meliponini), e o uso de ferramentas moleculares nos estudos de diversidade. **Arquivos do instituto biológico**, São Paulo, v. 81, n. 3, p. 299-308, 2014.
- SILVA, G. N. *et al.* Avaliação do sistema de produção e da qualidade microbiológica dos méis coletados no município de Sinop, Mato Grosso, Brasil. **Demetra**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 259-278, 2015.
- SILVA, P. M. *et al.* Honey: Chemical composition, stability and authenticity. **Food chemistry**, [s. l.], v. 196, n. 1, p. 309-323, 2016.
- SODRÉ, G. S. *et al.* Caracterização físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceará. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1139-1144, 2007.
- SODRÉ, G. S. *et al.* Tipos polínicos encontrados em amostras de méis de *Apis mellifera* em Picos, Estado do Piauí. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 38, n. 3, p. 839-842, 2008.
- SOLAYMAN, M. D. *et al.* Physicochemical properties, minerals, trace elements and heavy metals in honey of different origins: a comprehensive review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 219-233, 2016.
- SOUSA, J. M. B. *et al.* Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region. **LWT - Food science and technology**, [s. l.], v. 65, p. 645-651, 2016.
- SUCUPIRA, N. R. *et al.* Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **UNOPAR científica. Ciências biológicas e da saúde**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 263-269, 2012.
- SURIYATEM, R. *et al.* Predictive mathematical modeling for EC<sub>50</sub> calculation of antioxidant activity and antibacterial ability of Thai bee products. **Journal of applied pharmaceutical science**, [s. l.], v. 7, n. 9, p. 122-133, 2017.
- TAGA, M. S.; MILLER, E. E.; PRATT, D. E. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. **Journal of the american oil chemists' society**, [s. l.], v. 61, n. 5, p. 928-931, 1984.

URREA-VICTORIA, V. *et al.* **Ensaio antioxidante em microplaca do poder de redução do ferro (FRAP) para extratos de algas.** São Paulo: Instituto de Biociências, 2016. p. 1-6.

VIDAL, R.; FREGOSI, E. V. **Mel:** características, análises físico-químicas, adulterações e transformações. Barretos: Instituto Tecnológico Científico “Roberto Rios”, 1984. 95 p.

VILELA, C. O. *et al.* Virucidal activity of green propolis against avipoxvirus in chorioallantoic membrane of embryonated chicken eggs. **African journal of microbiology research**, [s. l.], v. 5, n. 9, p. 1075-1082, 2011.

WHITE, J. W. Quality evaluation of honey: role of HMF and diastase assays. Part I of a two-part article. **American bee journal**, [s. l.], p.737-743, 1992.

YADATA, D. Detection of the electrical conductivity and acidity of honey from different areas of Tepi. **Food science and technology**, [s. l.], v. 2, n. 5, p. 59-63, 2014.

# CAPÍTULO 12

## PROPRIEDADES DO MEL E IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DE PRODUTOS PIAUIENSES

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 07/07/2020

### Antônia Maria das Graças Lopes Citó

Universidade Federal do Piauí  
Teresina - Piauí

<http://lattes.cnpq.br/9919214482621635>

### Ivan dos Santos Silva

Universidade Federal do Piauí  
Teresina - Piauí

<http://lattes.cnpq.br/3617596154643040>

### Ian Vieira Rêgo

Universidade Federal do Piauí  
Teresina - Piauí

<http://lattes.cnpq.br/8178469620996937>

### Paulo Sousa Lima Junior

Universidade Federal do Piauí  
Teresina - Piauí

<http://lattes.cnpq.br/8899108753755443>

### Laurentino Batista Caland Neto

Universidade Federal do Piauí  
Teresina - Piauí

<http://lattes.cnpq.br/2133516416162221>

**RESUMO:** Os produtos apícolas são consumidos desde a antiguidade, em especial, o mel, devido suas propriedades benéficas à saúde. O mel é o mais conhecido dentre os produtos advindos da colmeia. A sua composição em compostos voláteis pode variar de acordo com a espécie de abelha, a origem botânica e região geográfica em que é produzido. A caracterização química

do aroma é um aspecto importante para avaliar o controle de qualidade e segurança, além de possibilitar a identificação da região de origem. A obtenção dos constituintes voláteis foi realizada pelas técnicas de: *headspace* dinâmico, micro-hidrodestilação e extração líquido-líquido assistida por ultrassom e a identificação por Cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas, CG-EM. No total, considerando todas as técnicas de extração, foram identificados 59 constituintes no mel de São Raimundo Nonato, 49 no mel de Guadalupe e 42 no mel de Piracuruca. As amostras apresentaram composição em voláteis bem diversificada, não se observando, portanto, um perfil cromatográfico característico. Este estudo é de grande relevância visto que existem poucos estudos sobre a composição química em voláteis de meliponídeos no Brasil e também não apresenta uma legislação específica para o mel. **PALAVRAS-CHAVE:** Colmeia; Abelhas; Produto natural; Caracterização química

### HONEY PROPERTIES AND IDENTIFICATION OF VOLATILE COMPOUNDS OF PIAUIENSE PRODUCTS

**ABSTRACT:** Bee products are consumed since the ancient times, especially honey, due to its beneficial properties to health. Honey is the best known among the products that comes from the hive. Its composition in volatile compounds can vary according to the bee species, the botanical origin and the geographic region from which it is produced. The chemical characterization of the aromas is an important aspect to guarantee the quality and safety control of this product, besides

the fact that this enable the identification of the origin region. The volatile constituents were obtained using the techniques of: dynamic headspace micro-hydrodistillation and ultrasound-assisted liquid-liquid extraction and identification by gas chromatography coupled with mass spectrometry, GC-MS. In total, considering all the extraction techniques, 59 constituents were identified in São Raimundo Nonato honey, 49 in Guadalupe honey and 42 in Piracuruca honey. The samples showed a very diversified volatile composition, therefore, a characteristic chromatographic profile was not observed. This study is of great relevance since there are few studies on the chemical composition of meliponines volatiles in Brazil and it also does not present specific legislation for honey.

**KEYWORDS:** Hive; Bees; Natural product; Chemical characterization

## 1 | INTRODUÇÃO

Produtos de origem natural são constantemente buscados pelos consumidores com o objetivo de manter uma alimentação saudável, nesse contexto, os produtos apícolas são amplamente distribuídos mundialmente. O mel é ainda o insumo mais conhecido e procurado dentre os diversos produtos da colmeia. Hodiernamente, eles também têm chamado atenção de cientistas por conta das suas propriedades biológicas (Fonte et al., 2017). Pesquisas arqueológicas mostram que o mel era estocado pelas abelhas antes mesmo do surgimento do homem, há milhões de anos atrás (Camargo et al., 2002).

O mel produzido por abelhas contém quantidades em proporções equilibradas de minerais, ácidos e açúcares. A composição é bastante diversificada, dependendo da espécie produtora, da região, origem do néctar, dentre outros fatores, dando origem a diferentes méis. O estudo da composição é imprescindível para auxiliar na elucidação da sua origem e garantia do controle de qualidade deste produto (De Maria e Moreira, 2003; Silva, 2017).

Esse trabalho teve como objetivo extrair, por diferentes técnicas e identificar os compostos voláteis de méis Piauienses por meio de CG-EM.

### 1.1 Abelhas

As abelhas são insetos que surgiram a partir de um longo processo adaptativo, no qual foi necessária uma coevolução entre plantas e polinizadores, pois, há cerca de 130 milhões de anos atrás, as angiospermas iniciaram uma evolução na sua estrutura, que hoje conhecemos como as flores. Essas adaptações na estrutura das angiospermas trouxe uma facilidade e atratividade pelos animais e insetos de encontrar o pólen. Com isso, algumas espécies de vespas passaram a explorar o pólen, de maneira que, após milhões de anos de evolução, essas espécies se tornaram um grupo totalmente distinto das vespas; as abelhas. Atualmente, existem mais de 20.000 espécies de abelhas conhecidas, divididas de diversas maneiras, como por exemplo: abelhas com ou sem ferrão, abelhas melíferas e não melíferas. (Bomfim et al., 2017)

As abelhas melíferas são a minoria dentre a vasta quantidade de tipos e espécies conhecidas atualmente e são as abelhas do gênero *Apis* que mais se destacam quando o



assunto é polinização e produção de mel, própolis, geleia real, entre outros.



Figura 1. Abelhas da espécie *Apis mellifera*

Fonte: Abelhas associadas a cultura da granola, 2017.

A espécie *Apis mellifera* (conhecida como abelha melífera europeia), é essencial para a produção indireta de alimentos como: frutas, castanhas e vegetais, sendo todos estes polinizados por insetos, porém, a abelha melífera europeia é dentre os insetos, a mais utilizada comercialmente, devido ao fato que elas podem ser semi-domesticadas e utilizadas para a produção de mel, ceras e outros produtos valiosos (Losey & Vaughan, 2006).

De acordo com a sociedade americana de apicultura, as abelhas melíferas são responsáveis por cerca de 20 bilhões de dólares na produção agrícola anual nos Estados Unidos. Já no Brasil, as abelhas juntamente com outros polinizadores são responsáveis por cerca de 43 bilhões de reais anuais para a economia agrícola, sendo elas, as principais polinizadoras de produtos como: café (*Coffe aarabica*), maçã (*Malus domestica*), soja (*Glycinemax*) e cebola (*Allium cepa*) (BPBES, 2019; ABF, 2020).

As abelhas sem ferrão são pertencentes à subfamília Meliponinae e podem ser classificadas dentre dois gêneros: *Meliponae Trigona*. Existindo aproximadamente mais de 500 espécies atualmente, essas, habitam especialmente em florestas quentes e úmidas, por isso, a prática da apicultura com esse tipo de abelha é comum em países como o Brasil, México, Austrália, e alguns países da África, dentre outros.

O gênero *Melipona* é numericamente grande, principalmente quando comparado as abelhas do gênero *Apis*. São de fácil criação, pois não picam, se adaptam facilmente a colmeias artificiais, pois elas não são exigentes em relação a isto, facilitando assim o processo de extração do mel. Além disso, as abelhas sem ferrão são fáceis de se lidar (Jalil, 2017; Nordin et al., 2018).

O mel de abelhas sem ferrão é produzido principalmente do néctar de plantas floridas, e é utilizado para a produção de diversos produtos como: pães, biscoitos e bebidas alcoólicas e não alcoólicas (Kwapong et al., 2010).

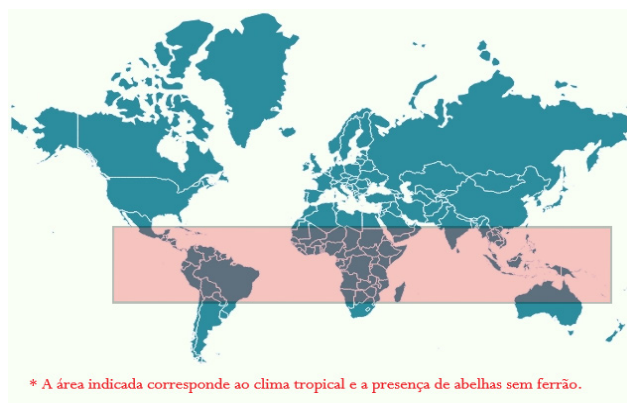


Figura 2. Distribuição de abelhas sem ferrão no mundo

Fonte: Adaptado de Kwapong et al., 2010.

Diversas espécies de abelhas nativas são muito conhecidas no Estado do Piauí, tais como: *Melipona compressipes* (tiuba), *Melipona subnitida* (jandaira), *Melipona marginata* (manduri), *Melipona scutellaris* (uruçu), *scaptorigona sp.* (canudo), *Tetragonisca angustula* (jataí) e *Melipona quadrifasciata* (mandaçaia), entre outras (Embrapa, 2017; Sousa, 2004). A diversidade floral e a climatologia piauiense contribuem de forma indiscutível para a variedade da composição e da qualidade dos produtos da colmeia, surgindo, portanto, a necessidade de caracterizá-los quanto à procedência e composição química (Monte, 2013).



Figura 3. Exemplos de espécies de abelhas nativas do estado do Piauí

Fonte: Embrapa, 2020 e Embrapa, 2017.

## 1.2 Mel

Mel é definido pelo Ministério da Agricultura por meio da Instrução Normativa N° 11, de 20 de outubro de 2000, como produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas de plantas. A partir dessa definição o mel é classificado de acordo com: sua origem (floral ou melato); o procedimento de obtenção do mel; e segundo a sua apresentação e/ou processamento. Floral é obtido dos néctares das flores e Melato a partir de secreções das partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores. Ainda podemos classificar como monofloral, quando o produto é decorrente de insumos de flores da mesma família, e multifloral, quando é obtido de diferentes origens florais.

Segundo Pesquisa da Agropecuária Municipal do IBGE, no ano de 2018 foram produzidas mais de 42 mil toneladas de mel de abelha no Brasil. Mesmo o país possuindo vasta diversidade de fauna e flora, no ano de 2017 ocupava a décima primeira posição dos maiores produtores de mel, contribuindo com apenas 4% das exportações desse produto. A maior parte da produção nacional acontece no sul do país, e o Nordeste em seguida, não sendo mais o maior produtor por conta das dificuldades que enfrenta com a seca. Piauí, Bahia, Maranhão e Ceará são os maiores produtores da região Nordeste, juntos produziram quase 12 mil toneladas em 2017. Uma característica marcante do mel proveniente dessa região é o baixo índice de contaminação por agrotóxicos, e isso pode ser explicado pelo fato de que grande parte da produção é decorrente da vegetação nativa (Vidal, 2019).

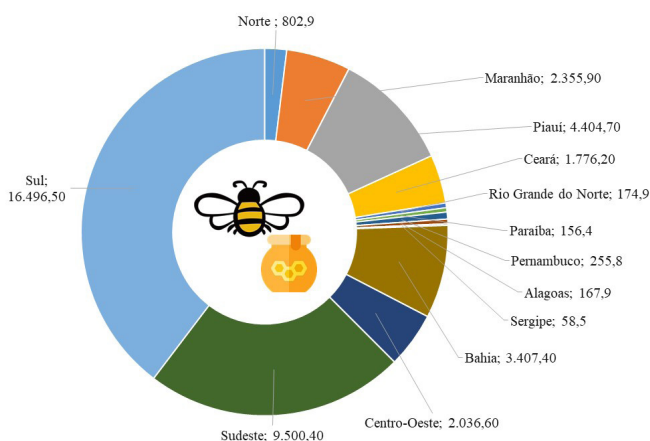


Gráfico 1. Produção brasileira de mel em toneladas no ano de 2017

Fonte: Adaptado de Vidal, 2019.

O mel pode variar suas características de acordo com a região em que é produzido. No Nordeste foi observado que existem diversas espécies do gênero *Melipona*, conhecidas por serem as maiores produtoras de mel. Em relação ao produto dessas espécies, é uma solução concentrada de açúcares, glicose e frutose predominantemente, com a presença de outros compostos minoritários que podem variar entre espécies. Em geral, o mel é composto por 80% de carboidratos, 20% água e em menor quantidade alguns aminoácidos, lipídios, vitaminas (C e B), constituintes voláteis (óleos essenciais), enzimas, ácidos orgânicos e outros (Silva, 2017; Sant'ana et al., 2020).

A produção do mel propriamente dita ocorre quando as abelhas campeiras coletam o néctar das flores e o levam até a colmeia e passa-o às abelhas receptoras que, durante algum tempo, o guardam no seu papo. Nele, o néctar sofre uma transformação muito complexa e finaliza a transformação já iniciada no papo das campeiras por meio de enzimas como invertase, amilase e glicose-oxidase. Quando a abelha abre as suas maxilas superiores e faz sair ligeiramente a sua língua para frente e a inclina para baixo, aparece sobre esta uma gota de néctar. Depois a abelha torna a engoli-la. Este movimento de reenvio da gotícula de néctar através da língua e de regresso ao papo é repetido de 120 a 240 vezes seguidas. Somente depois disso a abelha utiliza uma célula hexagonal livre para depositar nela a gotícula de néctar. O néctar apresenta um teor de água que varia de 40 a 80%, e para se transformar em mel é necessário que 3/4 dessa umidade seja eliminada. A gotícula é transferida de uma célula para outra, para que adquira a consistência de mel. Nesse processo de concentração do néctar tomam parte um número elevado de abelhas que, com o batimento de suas asas (cada abelha efetua 26.400 batimentos por minuto) geram no interior da colmeia uma circulação de ar suplementar que acelera o processo de evaporação (Silva, 2017; Camargo et al., 2002; Ioirich, 1986).

A redução da umidade por meio da perda de água faz com que o produto final seja estável e menos suscetível de deterioração por meio do crescimento de microrganismos patogênicos, isso por causa da atividade de água reduzida. Em geral, no mel de abelhas do gênero *Apis* é inferior a 0,6 (Camargo et al., 2017).

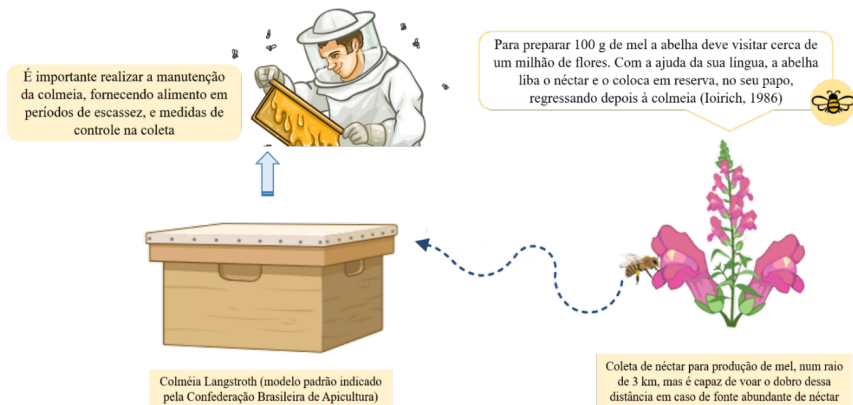


Figura 4. Esquema de produção artificial de mel para comercialização

### 1.3 Constituintes Voláteis de Méis Piauienses

Os constituintes voláteis são substâncias que apresentam baixa pressão de vapor e alta solubilidade em solventes orgânicos de baixa polaridade. Embora pareça existir um flavor característico de mel, a grande variedade de flores disponíveis para a abelha, possibilita uma grande diversidade de sabor e aroma (Escriche et al., 2017). Encontrar marcadores confiáveis para determinar a origem do mel é prioridade na pesquisa da apicultura industrial (Nayik & Nanda, 2015). Em relação ao mel unifloral, a análise química das substâncias voláteis pode fornecer uma verdadeira “impressão digital” sobre o mel.

O aroma é um importante fator de qualidade em alimentos e é um dos atributos sensoriais mais apreciados pelos consumidores de mel, daí a relevância do estudo de seus constituintes voláteis. O perfil da fração volátil representante desse aroma serve também como método complementar para atestar a qualidade desse produto, bem como auxiliar no monitoramento da origem botânica e geográfica do mel (Silva, 2017; Cuevas-Glory et al., 2006). A origem geográfica de mel é influenciada pela sua composição em voláteis, pois o mel de urze da França contém hexanal e heptanal, substâncias ausentes no mesmo tipo de mel de Portugal (Manyi-loh et al., 2011; De Maria e Moreira, 2003).

Silva (2007) realizou a identificação de substâncias voláteis de méis piauienses por meio de CG-EM, após processo de extração utilizando diferentes técnicas.

### 1.4 Propriedades Biológicas

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define alimento funcional aquele que além de nutrir oferece outros benefícios, pois possui na sua composição substâncias que agem de diferentes formas no organismo, podendo, por exemplo, reduzir níveis circulantes de lipídios. O mel pode ser considerado um alimento funcional de origem natural que vem sendo utilizado desde a antiguidade, e atualmente um grande número de estudos relatam seus efeitos positivos para a saúde.

Muitas pesquisas destacam a capacidade antioxidante e antibacteriana do mel de abelhas com e sem ferrão. Muitas das propriedades farmacológicas do mel estão relacionadas com a presença principalmente de compostos fenólicos. Ademais, o consumo desse alimento pode ser útil para prevenir doenças crônicas, como processos inflamatórios, diabetes, problemas cardiovasculares e outras. Povos da antiguidade usavam o mel como remédio para tratar doenças intestinais, atualmente estudos comprovam a atividade prebiótica do mel de abelhas com ferrão e sem, proporcionando crescimento de bactérias da flora intestinal, responsáveis por manter o equilíbrio do meio e suprimir o crescimento de bactérias patogênicas (de Melo et al., 2020; Tuksitha et al., 2018; Biluca et al., 2020).

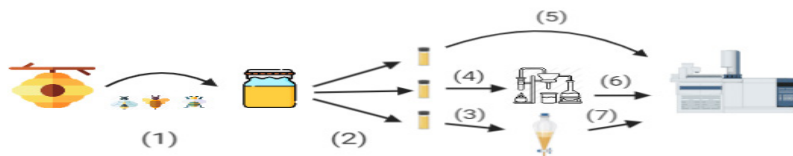
Outras atividades já observadas são: antiviral, antifúngica, sedativa, expectorante, analgésica, imunológica, hipossensibilizante, entre outras e que podem estar relacionadas à ação sinérgica dos constituintes químicos presentes no seu aroma. Melhora também o processo de cicatrização de feridas na pele, além de promover uma barreira física contra a entrada de microrganismos e inibir os já existentes nas feridas (Ribeiro e Fernandes, 2018).

## 2 | PARTE EXPERIMENTAL

As amostras de mel de São Raimundo Nonato de *Partamona* sp. e *Melipona* sp. foram coletadas no mês de setembro e a amostra de *Apis mellifera* foi em outubro. As amostras de mel de *Melipona* sp. foram coletadas, no mês de julho, nos municípios de Guadalupe e Piracuruca, todas as coletas após o período das chuvas no Piauí. As amostras possuem o cadastro de acesso Sisgen de número A1ACD0F. A obtenção dos constituintes voláteis foi realizada pelas técnicas de: *headspace* dinâmico, micro-hidrodestilação e extração líquido-líquido assistida por ultrassom. Todas as extrações foram realizadas em duplicata.

Para identificação por *headspace* dinâmico foram utilizados 10 g de mel e o tempo de captura dos voláteis foi de 3h. Por micro-hidrodestilação as amostras de mel (10 g cada) foram dissolvidas em 20 mL de água e, em seguida extraídas por 3h. Para extração líquido-líquido as amostras de mel (10 g cada) foram dissolvidas em água destilada contendo 1,5 g de sulfato de magnésio di-hidratado. Em seguida, 15 mL da mistura de éter etílico e pentano (2:1) foram adicionados ao sistema. A seguir, a mistura foi levada ao banho de ultra-som por 1h. Após esse tratamento, foram adicionados 10 mL de solução saturada de cloreto de sódio e mais 15 mL do solvente extrator ao sistema que, em seguida foi centrifugado a 3.000 rpm por cinco minutos. A fase orgânica foi coletada, metilada com diazometano e mantida sob refrigeração até a análise.

A identificação dos constituintes voláteis das amostras de mel foi realizada por meio de um cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massas.



Created in BioRender.com bio

Figura 5. Esquema de extração e identificação dos constituintes dos méis

Legenda: (1) Coleta e obtenção dos méis de diferentes espécies de abelhas; (2) Três amostras de 10g separadas para diferentes processos; (3) Processo de extração líquido/líquido; (4) Processo de micro-hidrodestilação; (5) Headspace dinâmico; (6) e (7) Produto resultante dos processos de extração identificados por CG-EM.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Total de constituintes identificados em méis de São Raimundo Nonato

O total de constituintes voláteis identificados por *headspace* dinâmico foi: 11 em *Partamona* sp.; 19 em *Melipona* sp.; e 21 em *A. mellifera*. Os constituintes voláteis majoritários foram: *n*-heneicosano (56,38%), feniletanol (8,71%) e um composto não identificado M<sup>+</sup> 286 (6,63%) em *Partamona* sp.; *o*-xileno (60,21%), *p*-xileno (13,40%) e N-metilcarbamato de metila (6,01%) em *Melipona* sp.; hexadecanoato de metila (17,48%), *o*-xileno (8,65%) e 1,8-cineol (6,86%) em *A. mellifera*. Os compostos: *p*-xileno,  $\alpha$ -terpineno, limoneno e *n*-heneicosano foram comuns às amostras de méis das três espécies de abelhas.

O total de constituintes voláteis identificados por micro-hidrodestilação, foi: 13 em *Partamona* sp.; 24 em *Melipona* sp.; e 22 em *A. mellifera*. Os constituintes voláteis de maior ocorrência foram: feniletanol (34,34%), *p*-xileno (24,39%) e fenilpropanona (18,50%) em *Partamona* sp.; *p*-xileno (21,49%), hexadecanoato de metila (18,53%) e *o*-xileno (14,30%) em *Melipona* sp.; terpendiol (24,81%), *p*-xileno (23,50%) e feniletanol (11,54%) em *A. mellifera*. Os compostos: *p*-xileno,  $\alpha$ -pineno, feniletanol, *cis*-óxido de linalol, *trans*-óxido de linalol, fenilpropanona e hexadecanoato de metila foram comuns às três espécies de abelhas.

SUBSTÂNCIAS	I K <sub>1</sub>	I K <sub>c</sub>	% Área						
			<i>Partamona</i> sp. (cupira)		<i>Melipona</i> sp. (munduri)		<i>A. mellifera</i>		
			HS	MD	HS	MD	HS	MD	
4-hidróxi-4-metilpentan-2-ona	-----	850						5,00	
álcool furfúrico	-----	851							1,27
<i>n</i> -hexanol	867	867			0,59	0,86		1,42	
Ni	-----	868				0,62			
acetato de isopentila	876	869						3,01	
<i>o</i> -xileno	-----	875			60,21	14,30		8,65	
<i>p</i> -xileno	-----	876	3,87	24,39	13,40	21,49		1,01	23,50
Ni	-----	883						0,90	
butanoato de propila	896	892	1,80						
<i>m</i> -xileno	-----	897				0,66			
<i>n</i> -nonano	899	899			0,57				1,90
aldeído pirúvico	-----	902				0,92			
Ni	-----	914		1,78					
hexanoato de metila	-----	921		0,64		1,99			
1,1-dietóxietano	-----	926						3,95	1,32
3-metil-heptan-4-ona	929	931		1,38					
$\alpha$ -pineno	939	939		0,17		0,65			3,28
N-metilcarbamato de metila	951	952			6,01				1,40
5-metilfurfural	961	968		0,45					1,05
5-metil-hept-5-en-2-ona	985	984				0,82	4,42	1,63	
Mesitileno	994	992			0,65				
hexanoato de etila	996	993				0,71			
$\alpha$ -terpineno	1018	1017	1,91		1,83		1,75	1,20	
heptanoato de etila	-----	1022			0,64				
Ni	-----	1025				0,80			
<i>p</i> -cimeno	1026	1026			1,24				
Limoneno	1031	1030	4,78		1,81				1,06
1,8-cineol	1033	1033			0,56		6,86	0,99	
Feniletanal	1043	1042		4,06		1,66		11,54	
Ni	1060	1055						1,45	
$\alpha$ -terpineno	1062	1058					2,50		
<i>cis</i> -óxido de linalol	1074	1074		3,15	3,08	2,20			2,33
<i>trans</i> -óxido de linalol	1088	1090		2,61	2,93	1,25	3,33	1,25	
<i>n</i> -undecano	1099	1099					3,19		
Terpendiol	1109	1103							24,81



3-hidroxi-2-metil-4H-piran-4-ona (maltol)	1108	1104						6,56
<i>p</i> -menta-1,3,8-trieno	1111	1115	2,88					
Feniletanol	1110	1116	8,71	34,34		0,60		
octanoato de metila	-----	1123					1,11	
Fenilpropanona	-----	1129		18,50		9,67		4,27
2-metilpropanoato de <i>n</i> -hexila	1150	1159		2,24				
<i>trans</i> pinancanfona	1159	1160						4,27
3-fenilpropanal	-----	1161		3,20		1,17		
fenilacetato de metila	1176	1177						1,28
nonanoato de metila	-----	1224					0,60	
acetato de diidro-mircenol	1215	1227			1,74			
tetra-hidro acetato lavandulol	1270	1268						1,74
<i>n</i> -decanol	1272	1278						1,48
decanoato de metila	1326	1324					0,62	
$\delta$ -elemeno	1339	1335						1,02
$\alpha$ -cubebeno	1351	1348						2,41
<i>n</i> -tetradecano	1399	1399						2,13
Ni	-----	1445						1,19
dodecanoato de metila	1525	1524					2,43	
Ni	-----	1626						1,19
Ni	-----	1632						1,40
Ni	-----	1713						1,84
tetradecanoato de metila	1726	1725					3,02	4,75
Ni	-----	1774						1,69
pentadecanoato de metila	-----	1825						2,92
octadecen-9-oato de metila	-----	1902						5,63
Totareno	1918	1906						1,05
Ni	-----	1915						1,25
hexadecanoato de metila	1927	1926		3,09	0,61	18,53	17,48	4,42
15-isopimaradieno	1960	1956				0,68	6,20	
Ni	-----	1966				0,88		
Ni	-----	2062	1,68					
Ni	-----	2078	1,55					
<i>n</i> -octadecanol	2082	2082	3,21				3,64	2,54

linoleato de metila	2092	2095		1,94	
<i>n</i> -heneicosano	2100	2100	56,38	1,32	1,52
octadecanoato de metila	-----	2127		0,90	
Larixol	2264	2260	2,92		
<i>n</i> -tricosano	2300	2300	3,68		
M <sup>+</sup> 286	----	2314	6,63		
<i>n</i> -tetracosano	2400	2400		1,21	

Tabela 1. Constituintes voláteis de três amostras de méis de São Raimundo Nonato obtidos pelas técnicas de *headspace* dinâmico e micro-hidrodestilação (em ordem de eluição).

Fonte: Silva, 2007

Pelos resultados obtidos, observou-se que as frações voláteis dos méis de *A. mellifera* e *M. sp.* apresentaram maior número de constituintes nas duas técnicas de extração. Os constituintes feniletanal e fenilpropanona foram identificados apenas por micro-hidrodestilação. O feniletanal foi identificado em todos os méis e é citado em diversos estudos como constituinte volátil de méis, cítricos e de eucalipto, empregado na formulação do aroma artificial de mel. O *cis*-óxido de linalol, identificado em todas as amostras, é também constituinte volátil desses e de outros diversos méis (Manyi-lohet al., 2011; Machado et al., 2020).

O feniletanol, identificado nos méis de *P. sp.* (cupira) e *M. sp.* (munduri), é um potente odorante em méis de morrão (*Croton sp.*) e assa-peixe (*Vernonia sp.*) e também é encontrado em méis de caju (*Anacardium occidentale*) (Moreira et al., 2003).

A ocorrência de xilenos também tem sido relatada na literatura, como constituintes voláteis de méis florais (Patrignani et al., 2018; Colucci et al., 2016), porém o alto teor destes constituintes nas amostras analisadas pode ser oriundo de contaminação durante a coleta das amostras, uma vez que os apicultores fazem fogueiras, utilizando derivados de petróleo para repelir as abelhas.

### 3.2 Total de constituintes identificados em de méis de Guadalupe e Piracuruca

Na amostra de mel de Guadalupe, extraído por *headspace* dinâmico, foram identificados 20 constituintes sendo o *n*-octadecanol (13,59%), *n*-docosano (13,57%) e o ácido hexadecanóico (11,30%) foram os constituintes majoritários. No mel de Piracuruca, utilizando a mesma técnica, foram identificados 15 constituintes e o heptadecanoato de metila (26,03%), octadec-9-enoato de metila (12,94%) e o nonadecanoato de metila (8,04%) foram os constituintes majoritários.

Na fração volátil, obtida por micro-hidrodestilação a partir do mel de Guadalupe, foram identificados 14 constituintes, sendo o 3-furaldeído (52,57%), 5-metilfurfural (10,79%) e o 2-acetilfurano (6,27%) os constituintes majoritários. A partir da amostra de Piracuruca foram

identificados 14 constituintes e o octadec-9-enoato de metila (26,50%), hexadecanoato de metila (21,36%) e o octadecanoato de metila (8,67%) foram os constituintes majoritários.

A análise da fração volátil do mel de Guadalupe, obtida por meio de extração líquido-líquido assistida por ultra-som, permitiu a identificação de 23 constituintes e os majoritários foram: linoleato de metila (20,33%), hexadecanoato de etila (12,75%) e linoleato de etila (10,09%). Na amostra do mel de Piracuruca, foram identificados 28 constituintes e o  $\alpha$ -terpineno (31,97%), abscisato de metila (14,25%) e *p*-cimeno (9,60%) foram os constituintes majoritários.

SUBSTÂNCIAS	IK <sub>1</sub>	IK <sub>c</sub>	% Área (HS)	% Área (MD)	% Área (US)
<i>n</i> -octano	800	799			0,80
lactato de etila	-	790			2,71
acetato de etila	807	805			5,15
Ni	-	850	5,90		
2-metilfurano	-	856		0,46	
acetato de isoamila	-	880			1,41
3-furaldeído	-	913		52,57	
álcool furfurílico	-	952		2,31	
lactona angélica		954		2,11	
Ni	-	955		0,66	
2-acetilfurano	-	958		6,27	
Ni	-	960		1,22	
5-metilfurfural	962	968		10,79	
álcool benzílico	1032	1030			2,61
1,2,3-trimetilbenzeno		1031	2,32		
2-etil-hexan-1-ol		1032	3,02		
feniletanal	1043	1042		0,32	
1,2-dietilbenzeno		1047	2,43		
4-etil-1,2-dimetilbenzeno		1055	0,81		
Ni	-	1095		0,57	
<i>n</i> -undecano	1099	1100			2,32
2-feniletanol	1110	1108			3,36
1-(2-furil)-2-hidroxietanona	-	1131		2,71	
Ni	-	1160		0,26	
Ni	-	1175		0,26	
Naftaleno	1179	1183	3,28		
<i>n</i> -dodecano	1199	1200			5,30

5-formil-2-furfurilmetanoato	-	1202	5,82	
5-(hidroximetil)-furfural (HMF)	-	1235	4,00	4,93
ni	-	1240	0,47	
3-etilacetofenona	-	1262	4,81	
4-etilacetofenona	-	1281	2,48	3,21
<i>n</i> -tridecano	1299	1300	0,92	
<i>p</i> -diacetilbenzeno	-	1310	2,14	
ni	-	1312	1,28	
1,1-difeniletano	-	1340	3,09	
<i>n</i> -pentadecano	1500	1500		0,92
hidroxitoluenobutilado (BHT)	1512	1514		1,47
hexadecan-2-ona	-	1582	0,38	1,12
dodecanoato de etila	1595	1594		0,77
<i>n</i> -hexadecano	1600	1599	0,89	
ni	-	1623		0,78
benzofenona	-	1652	0,77	
1,1-difeniletanol	-	1659	3,09	1,81
ni	-	1661	2,,25	5,04
<i>n</i> -heptadecano	1700	1699	0,87	1,61
ni	-	1704	1,73	
<i>n</i> -octadecano	1800	1799	0,87	
ni	-	1801	1,02	0,24
ni	-	1857	1,01	
ácido hexadecanóico	-	1870	11,30	
ni	-	1880	0,80	0,47
ni	-	1902	1,87	0,22
hexadecanoato de etila	1993	1990		2,46 12,75
kaureno	2034	2040	0,38	1,29
ambretolide		2045		3,98
ácido oléico	-	2050		5,11
<i>n</i> -octadecanol	2078	2076	13,59	
<i>n</i> -docosano	2200	2200	13,57	
linoleato de metila	2092	2095		20,33
linoleato de etila	-	2132	3,63	10,09
ni	-	2133	1,10	
octadecanoato de etila		2193		1,13
nonadecanoato de metila	-	2226	8,45	

adipato de dioctila	-	2310	5,44
ni	-	2382	0,32

Tabela 2. Constituintes voláteis de mel de *Melipona* sp. (tiuba) do município de Guadalupe

Fonte: Silva, 2007

SUBSTÂNCIAS	IK <sub>i</sub>	IK <sub>c</sub>	% Área (HS)	% Área (MD)	% Área (US)
lactato de etila	-	790			0,40
ni	-	804			0,53
4,7-di-hidro-1,3-dioxepina	-	841		1,80	
ni	-	849		0,84	
2-hidroxi-4-metilpentanoato de metila	-	921			0,50
ni	-	852	0,68		
ni	-	879	1,54		
acetato de isoamila	-	888			0,46
<i>n</i> -decano	999	1000	1,08		
$\alpha$ -terpineno	1018	1018			31,97
<i>p</i> -cimeno	1026	1024			9,60
limoneno	1031	1027			0,32
succinato de dimetila	-	1044			1,97
<i>g</i> -terpineno	1062	1060			0,62
<i>cis</i> -óxido de linalol	1074	1076		0,98	1,35
<i>trans</i> -óxido de linalol	1088	1090		0,58	0,83
benzoato de metila	1091	1096			0,51
<i>n</i> -undecano	1099	1100			0,83
hotrienol	-	1135			0,35
ni	-	1140			0,40
fenilacetato de metila	-	1154			0,37
terpendiol	-	1189			0,67
<i>n</i> -dodecano	1199	1200			1,74
ascaridol	-	1223			3,28
acetato de 2-feniletila	-	1287			0,40
ni	-	1290			0,33
<i>n</i> -tridecano	1299	1300	3,68		0,78
limoneno dióxido	-	1340			1,80
1,1-difeniletano	-	1358	2,89		
$\beta$ -fenilactato de metila	-	1415			1,20
ni	-	1428			0,45

decanodioato de dimetila	-	1455			1,28
hidroxitoluenobutilado (BHT)	1512	1516	1,05		
dodecanoato de metila	1525	1526	1,21	2,53	
ni	-	1550			
ni	-	1573	-		6,01
n-hexadecano	1600	1599	2,05		
ni	-	1625	1,15		
ni	-	1639			0,54
ni	-	1668			0,41
1,1-difeniletanol	-	1675	1,68		
ni	-	1680	1,52		
n-heptadecano	1700	1699	2,04		
ni	-	1710	1,28		
tetradecanoato de metila	1726	1724	5,45	3,38	
ni	-	1786	1,35		
ni	-	1815	0,71		
pentadecanoato de metila	-	1824	4,38	0,77	
ni	-	1835	0,68		
ni	-	1848	2,41		
ni	-	1872	0,70		
ni	-	1896		2,55	
hexadecanoato de metila	1927	1926	7,32	21,36	1,49
ni	1948				0,32
hexadecanoato de etila	1993	1990		5,68	1,98
14-metil-hexadecenoato de metila	-	1997		2,60	
octadec-6-enoato de metila	-	1998		0,68	
heptadecanoato de metila	-		26,03	0,68	
abscisato de metila		2050			14,25
ni		2054	0,64		
ni		2091	0,90		
ni				4,67	
octadec-9-enoato de metila		2118	12,94	26,50	1,14
ni		2120			0,84
octadecanoato de metila	2128	2125	1,60	8,67	0,62
ni		2130			0,66
ni		2154	0,96		
octadec-9-enoato de etila		2195			2,72
M+ 278		2196		1,66	5,61
octadecanoato de etila		2198		2,48	0,47
nonadecanoato de metila		2225	8,04		

ni	2483	1,54
Ni	2545	2,60
Ni		2,65
Ni	4,15	

Tabela 3. Constituintes voláteis de mel de *Melipona* sp. (tiuba) do município de Piracuruca

Fonte: Silva, 2007

No total, considerando as três técnicas de extração, foram identificados 49 constituintes no mel de Guadalupe e 42 no mel de Piracuruca. As amostras das duas localidades apresentaram apenas 13 substâncias em comum: lactato de etila, acetato de isoamila, *n*-undecano, *n*-dodecano, *n*-tridecano, 1,1-difeniletano, hidroxitoluenobutilado (BHT), *n*-hexadecano, 1,1-difeniletanol, *n*-heptadecano, hexadecanoato de etila, octadecanoato de etila e nonadecanoato de metila. Esse reduzido número de substâncias comuns sugere a existência de fontes vegetais diversificadas utilizadas pelas abelhas na elaboração do mel nas duas localidades, uma vez que em Guadalupe predomina o cerrado e Piracuruca pertence ao écotono setentrional do estado, que apresenta composição de cerrado, caatinga e carrasco (Farias e Castro, 2003).

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo exposto, constata-se que o mel é um produto natural de grande valia para diversos países no mundo todo, pela sua utilização não só como alimento, mas também, pelas propriedades farmacológicas que apresenta. É rico em nutrientes e outras substâncias que podem variar de acordo com o local de produção e espécie de abelha produtora. Dentre as diversas funções químicas identificadas no aroma (fração volátil) das amostras de méis estudadas, observou-se a predominância de ésteres. Os constituintes pertencentes à classe dos terpenos (mono e sesquiterpenos) foram detectados em número reduzido quando comparados com óleos essenciais de plantas, sugerindo que as abelhas realizam transformações dessas substâncias na elaboração da fração volátil do mel. O estudo dos compostos voláteis, o aroma, é de grande importância para auxiliar na identificação da origem botânica e geográfica do mel e no controle de qualidade do produto, uma vez que o aroma é um fator de impacto na qualidade de alimentos e trata-se de um atributo sensorial muito importante para os consumidores de mel, sendo imprescindível os estudos nessa área, em especial no Brasil, que não possui uma legislação específica para o mel e poucos estudos são encontrados sobre os constituintes voláteis em méis de meliponídeos.

## REFERÊNCIAS

**ABELHAS ASSOCIADAS A CULTURA DA GRANOLA**, 2017. Embrapa. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/3876004/abelhas-associadas-a-cultura-da-canola>> Acesso em: 28/06/2020 .

AMERICAN BEEKEEPING FEDERATION, 2020. **Pollination Facts**. Disponível em <<https://www.abfnet.org/page/PollinatorFacts>>. Acesso em: 27/05/2020

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alimentos funcionais e novos alimentos**. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/anvisa-esclarece?p\\_p\\_id=baseconhecimentoportlet\\_WAR\\_baseconhecimentoportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column2&p\\_p\\_col\\_pos=1&p\\_p\\_col\\_count=2&\\_baseconhecimentoportlet\\_WAR\\_baseconhecimentoportlet\\_assuntold=13&\\_baseconhecimentoportlet\\_WAR\\_baseconhecimentoportlet\\_conteudold=2710&\\_baseconhecimentoportlet\\_WAR\\_baseconhecimentoportlet\\_view=detalhamentos](http://portal.anvisa.gov.br/anvisa-esclarece?p_p_id=baseconhecimentoportlet_WAR_baseconhecimentoportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_baseconhecimentoportlet_WAR_baseconhecimentoportlet_assuntold=13&_baseconhecimentoportlet_WAR_baseconhecimentoportlet_conteudold=2710&_baseconhecimentoportlet_WAR_baseconhecimentoportlet_view=detalhamentos)>. Acesso em: 28/05/2020.

BILUCA, F. C.; DA SILVA, B.; CAON, T.; MOHR, E. T. B.; VIEIRA, G. N.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O. **Investigation of phenolic compounds, antioxidant and anti-inflammatory activities in stingless bee honey (Meliponinae)**. FoodResearchInternational, v. 129, p. 108756, 2020.

BOMFIM, ISAC & OLIVEIRA, MIKAIL & FREITAS, BRENO. **Biologia das abelhas**. 2017.

BPBES. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel**. Instrução Normativa Nº 11, de 20 de Outubro de 2000.

CAMARGO, R.C.R.; OLIVEIRA, K.L.; BERTO, M.I. **Mel de abelhas sem ferrão: proposta de regulamentação**. BrazilianJournalofFood Technology, v. 20, 2017.

CAMARGO, R.C.R.; PEREIRA, F.M.; LOPES, M.T.R. **Produção de mel**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, Sistemas de Produção, 138 p., v. 3, 2002.

COLUCCI, G.; DE VITO, V.; VARRICCHIO, E.; DE CUNZO, F.; COCCIA, E. **Identification of Traceability Markers in Italian Unifloral Honeys of different Botanical Origin**. Journal of Nutrition & Food Sciences, Avellino, v. 06, n. 01, p. 1-10, 2016.

CUEVAS-GLORY, L. F.; PINO, J. A.; SANTIAGO, L. S.; SAURI-DUCH, E. Analytical, nutritional and clinical methods. **Nat. Sci. Foundation Internat. Res.**, Riverside, v 1, p. 1-29, 2006.

DE MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A. **Compostos voláteis em méis florais**. Quím. Nova, v.26 (1), p. 90-96, 2003.

DE MELO, F. H. C.; MENEZES, F. N. D. D.; DE SOUSA, J. M. B.; DOS SANTOS LIMA, M.; BORGES, G. D. S. C.; DE SOUZA, E. L.; MAGNANI, M. **Prebiotic activity of monofloral honeys produced by stingless bees in the semi-arid region of Brazilian Northeastern toward Lactobacillus acidophilus LA-05 and Bifidobacterium lactis BB-12**. FoodResearchInternational, v. 128, p. 108809, 2020.



EMBRAPA, **Criação de abelhas-sem-ferrão**. Teresina, PI: Editora Embrapa Meio-Norte, 2017.

EMBRAPA. **Busca de imagens** (2020). Disponível em <[https://www.embrapa.br/busca-de-imagens//midia/todos?\\_buscamidia\\_WAR\\_pcebusca6\\_1portlet\\_delta=10](https://www.embrapa.br/busca-de-imagens//midia/todos?_buscamidia_WAR_pcebusca6_1portlet_delta=10)> Acesso em: 01/07/2020.

ESCRICHE, I.; SOBRINO-GREGORIO, L.; CONCHADO, A.; JUAN-BORRÁS, M. **Volatile profile in the accurate labelling of monofloral honey. The case of lavender and thyme honey**. Food Chemistry, v. 226, p. 61-68, 2017.

FARIAS, R. R. S.; CASTRO, A. A. J. F. **Florística e fitossociologia de trechos de vegetação do complexo de Campo Maior, Campo Maior, Piauí**. Recife: UFPE TROPEN, 2003.

FONTE, A.; GONÇALVES, F.; COSTA, C. A. D.; FERREIRA-WESSEL, D. **Avaliação de atitudes no consumo de produtos da colmeia**. Revista de Ciências Agrárias, v. 40, n. SPE, p. 291-300, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Agropecuária Municipal**, 2018. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2018>. Acessado em: 27/05/2020.

IOIRICH, N. P. **As abelhas, farmacêuticas com asas**. Trad. José Antônio Marques. Moscou: Mir. p. 228, 1986.

JALIL, MOHD AZRI ABD; KASMURI, ABDUL RAZAK; HADI, HAZRINA. **Stingless Bee Honey, the Natural Wound Healer: a review**. Skin Pharmacology And Physiology, v. 30, n. 2, p. 66-75, 2017.

KWAPONG, P.; AIDOO, K.; COMBEY, R.; KARIKARI, A. **Stingless bees: importance, management and utilisation: a training manual for stingless beekeeping**. Cape Coast: Unimax Macmillan, p 70, 2010.

LOSEY, J.; VAUGHAN, M. **The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects**. BioScience, 56(4), 311-323, 2006.

MACHADO, A.M.; MIGUEL, M.G.; VILAS-BOAS, M.; FIGUEIREDO, A.C. **Honey Volatiles as a Fingerprint for Botanical Origin: A Review on their Occurrence on Monofloral Honeys**. Molecules, v. 25, n. 2, p. 374, 16 jan. 2020.

MANYI-LOH, C.E.; NDIP, R.N.; CLARKE, A.M. **Volatile Compounds in Honey: a review on their involvement in aroma, botanical origin determination and potential biomedical activities. : A Review on Their Involvement in Aroma, Botanical Origin Determination and Potential Biomedical Activities**. International Journal Of Molecular Sciences, v. 12, n. 12, p. 9514-9532, 2011.

MONTE, A. M.; AZEVEDO, M. L. X.; CARDOSO FILHO, F. DAS C.; RODRIGUES, A. M. D.; DE MOURA, S. G.; MURATORI, M. C. S. **Quality of honey from stingless bees native of Piauí, Brazil**. Brazilian Journal of Veterinary Medicine, v. 35, n. 1, p. 48-54, 30 Mar. 2013.

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; PIETROLUONGO, M.; DE MARIA, C. A. B. **Flavor composition of cashew (*Anacardium occidentale*) and marmeleiro (*Croton sp.*) honeys**, J. Agric. Food Chem., v. 50, p. 7616-7621, 2003.

NAYIK, G.A., NANDA, V. **Characterization of the volatile profile of unifloral honey from Kashmir Valley of India by using solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry.** Eur Food Res Technol. 240, 1091–1100 (2015).

NORDIN, A.; SAINIK, N. Q. A. V.; CHOWDHURY, S. R.; SAIM, A. B.; IDRUS, R. B. H. **Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: A comprehensive review.** Journal of Food Composition and Analysis, v. 73, p. 91-102, 2018.

PATRIGNANI, M.; FAGÒNDEZ, G.A.; TANANAKI, C.; THRASYVOULOU, A.; LUPANO, C.E. **Volatile compounds of Argentinean honeys: correlation with floral and geographical origin. : Correlation with floral and geographical origin.** FoodChemistry, [s.l.], v. 246, p. 32-40, abr. 2018.

RIBEIRO, M.I.; FERNANDES, A. **Tendências do consumo de mel em Bragança, Portugal.** Estudos de Gestão e Empreendedorismo, p. 417-439, 2018.

SANT'ANA, R. D. S.; DE CARVALHO, C. A. L.; ODASOUZA, M.; SOUZA, B. D. A.; DIAS, F. D. S. **Characterization of honey of stingless bees from the Brazilian semi-arid region.** FoodChemistry, p. 127041, 2020.

SILVA, C.F. **Composição química e capacidade sequestrante de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio de mel orgânico brasileiro.** 2017. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e no Ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, University of São Paulo, Piracicaba, 2017.

SILVA, IVAN DOS SANTOS. **Constituintes Voláteis de Méis Piauienses.** 2007. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Coordenação do Curso de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2007.

SOUSA, D. C. (Org). **Apicultura: manual do agente de desenvolvimento rural.** Brasília: SEBRAE, p. 100, 2004.

TUKSITHA, L.; CHEN, Y. L. S.; CHEN, Y. L.; WONG, K. Y.; PENG, C. C. **Antioxidant and antibacterial capacity of stingless bee honey from Borneo (Sarawak).** Journal of Asia-Pacific Entomology, v. 21, n. 2, p. 563-570, 2018.

VIDAL, M.F. **Evolução da produção de mel na área de atuação do BNB.** Caderno Setorial ETENE. Ano 4, Nº 62, 2019.

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 14/07/2020

### **Daiani Rodrigues Moreira**

Universidade Estadual de Maringá,  
Programa de Pós-graduação em Genética e  
Melhoramento (PGM). Maringá, Paraná, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-5279-6624>

### **Adriana Aparecida Sinópolis Glioglioli**

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento Biotecnologia, Genética e  
Biologia Celular (DBC). Maringá, Paraná, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-2752-642X>

### **Douglas Galhardo**

Universidade Estadual de Maringá, Programa  
de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ).  
Maringá, Paraná, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-2707-9076>

### **Tuan Henrique Smielewski de Souza**

Universidade Estadual de Maringá, Programa  
de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ).  
Maringá, Paraná, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-1145-1232>

### **Cinthia Leão Figueira**

Universidade Estadual de Maringá, Programa  
de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ).  
Maringá, Paraná, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-8736-8777>

### **Vagner de Alencar Arnaut de Toledo**

Universidade Estadual de Maringá, Programa  
de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ).  
Maringá, Paraná, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0003-1814-9703>

### **Maria Claudia Colla Ruvolo-Takasusuki**

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento Biotecnologia, Genética e  
Biologia Celular (DBC). Maringá, Paraná, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-2028-9281>

**RESUMO:** Abelhas são economicamente importantes para polinização de diversas culturas agrícolas e espécies vegetais silvestres, algumas espécies, são produtoras de mel, geleia real, própolis e outros produtos. Entretanto, a perda de habitat, indisponibilidade de recursos naturais, introdução de plantas exóticas, manejo inadequado, expansão da agricultura e, principalmente, o crescente uso de pesticidas, tem contribuído para redução desses polinizadores. Muitos estudos visam avaliar os efeitos destes compostos para as abelhas, bem como, estimar as consequências da exposição para as colônias. Embora *Apis mellifera*, conhecida pela sua eficiência polinizadora seja a mais estudada, diversas espécies de abelhas nativas encontradas no Brasil passaram a ser avaliadas em testes de toxicidade, devido a sua relevância para a agricultura. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi descrever sobre os efeitos dos pesticidas para as abelhas por meio de compreensão de como esses compostos agem nos polinizadores, principalmente, em espécies distintas, locais (laboratório, campo e semicampo) e diferentes fases de desenvolvimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Polinizadores, inseticidas, abelhas melíferas, abelhas-sem-ferrão.

## PESTICIDES EFFECTS ON BEES

**ABSTRACT:** Bees are economically important for pollination of diverse cultures and wild plant species, some species are products of honey, royal jelly, propolis, and other products. However, a loss of habitat, unavailability of natural resources, the introduction of exotic plants, reduced management, expansion of agriculture, and, mainly, increased use of pesticides, contributed to reducing these pollinators. For the bees, as well as, estimate as consequences of the exposure for the colonies. Although *Apis mellifera*, known for its pollinating efficiency is more studied, several species of native bees found in Brazil are evaluated in toxicity tests, due to their relevance to agriculture. Thus, the objective of this work was to describe the effects of pesticides on bees, by understanding how these compounds act on pollinators, mainly indifferent, local species (laboratory, field, and semi-field) and different stages of development.

**KEYWORDS:** Honeybees, insecticides, pollinators, stingless bees.

### 1 | INTRODUÇÃO

A polinização por abelhas é um serviço ambiental essencial para a manutenção de ecossistemas naturais e agrícolas (RICKETTS et al., 2008). Entretanto, esse serviço e toda a cadeia de produtos apícolas estão em risco, visto que, as atividades antrópicas, por interferirem direta ou indiretamente no ambiente, ameaçam as abelhas (POTTS et al., 2010).

Essa diminuição das abelhas pode estar associada a introdução de espécies exóticas, disseminação de agentes patogênicos, desmatamento e perda de habitat devido a expansão da agricultura (FREITAS et al., 2009; (MURREL, 2017). Outro fator que colabora para a redução dos polinizadores é o aumento no uso de diferentes pesticidas no controle de pragas agrícolas (CRENNA et al., 2020).

Como esses pesticidas liberam resíduos que podem permanecer no ar, aderidos em estruturas vegetais, no néctar e pólen, os agentes polinizadores acabam sendo contaminados durante a coleta do alimento e transporte (Figura 1). Ao retornarem para colônia, acabam expondo os outros indivíduos aos resíduos contaminantes, o que pode afetar o desenvolvimento das larvas e adultos (CHAUZAT et al., 2006; RADWAN et al., 2020).

Estudos recentes em laboratório relataram os efeitos negativos dos pesticidas sobre as abelhas (GREGORC et al., 2018; MOREIRA et al., 2018; DAI et al., 2019; JACOB et al., 2019). Devido a estes dados, existem fortes evidências que associam o uso desses compostos ao declínio populacional desses polinizadores (MAGGI et al., 2016; WOODCOCK et al., 2016).



Figura 1. Ação de pesticidas sobre polinizadores.

Os efeitos dos pesticidas nas abelhas podem variar de acordo com a espécie, modo de vida, comportamento, hábitos nutricionais (CHAM et al., 2018) e estágio do desenvolvimento (CRENNA et al., 2020). Vale ressaltar que, apesar de vários trabalhos na área, ainda são escassas as informações sobre avaliações dos pesticidas em abelhas sem ferrão (CHAM et al., 2018). Além disso, a realização de testes toxicológicos em semicampo e campo, bem como, análises dos efeitos subletais em diferentes fases de desenvolvimento desses insetos também são escassos (PIRES et al., 2016).

A ameaça à cadeia produtiva apícola pode interferir na economia agrícola, manutenção do ecossistema, mas principalmente, na conservação dos polinizadores (CHAUZAT et al., 2013). Desta forma, esse capítulo teve como objetivo descrever os efeitos dos pesticidas para abelhas e a contribuição da exposição a esses contaminantes para o declínio das colônias.

## 2 | DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Abelhas e sua importância para polinização

A polinização é um processo fundamental para o desenvolvimento de diversas culturas agrícolas. Este recurso colabora para o aumento da produtividade, qualidade dos frutos, minimiza os índices de malformações, possibilita a redução do ciclo de determinadas culturas, uniformiza o amadurecimento dos frutos, reduzindo assim as perdas na colheita (NASCIMENTO et al., 2012; COSTANZA et al., 2017).

De acordo com relatório da FAO (2014) muitas espécies de frutas, oleaginosas, culturas estimulantes (café, chá e outras bebidas), nozes e outras sementes necessitam da polinização animal. A qualidade e a quantidade de frutos e sementes de plantas cultivadas de regiões tropicais apresentam em torno de 70% de aumento quando submetidas à polinização por animais (ROUBIK, 2018). Além disso, aspectos como a intensidade do

sabor, durabilidade e maior valor nutritivo, também são obtidos por meio da polinização (GARRATT et al., 2014; JUNQUEIRA e AUGUSTO, 2017).

Diferentes polinizadores, como as abelhas, pássaros e morcegos podem influenciar em 35% da produção agrícola mundial, expandindo o consumo de 87 das culturas alimentares produzidas (GALLAI e VAISSIÈRE, 2009). Em especial as abelhas, caracterizam-se como polinizadores eficientes em diversos sistemas agrícolas e exibem contribuições significativas para uma ampla escala de culturas (LEBUHN et al., 2016). No Brasil, a relação de visitantes florais é identificada para 144 (75%) espécies de plantas cultivadas ou silvestres empregadas direta ou indiretamente na produção de alimentos (WOLOWSKI et al., 2019).

De forma global Klein et al. (2007), destacaram que dos 57 cultivos em produção, apenas 24 o que corresponde a 42% do total, são polinizados por alguma espécie de abelha. Os autores ainda identificaram 57 espécies de abelhas, que além de visitantes florais efetuam a polinização de 107 culturas mundialmente consumidas pelo ser humano.

Das 100 culturas principais que alimentam o mundo, apenas 15% são polinizadas por abelhas melíferas, ao mesmo tempo, em que 80% são polinizadas por abelhas nativas e outros animais (FAO, 2004; KLEIN et al., 2018). No Brasil a espécie *Apis mellifera* está associada a polinização de 86 cultivos, sendo potencial polinizadora de 54. As abelhas-sem-ferrão, são apontadas como visitantes florais de 107 cultivos e como polinizadoras de 52 (WOLOWSKI et al., 2019).

Além do serviço de polinização, tanto as abelhas melíferas quanto as sem ferrão, produzem substâncias apreciadas como cera, própolis e principalmente mel, o que contribui economicamente para muitos países (BIESMEIJER et al., 2006; KLEIN et al., 2018; VIT, PEDRO, ROUBIK, 2018). Nessa perspectiva, estima-se que o valor do serviço ecossistêmico de polinização para a produção de alimentos gire em torno de R\$ 43 bilhões anuais no Brasil (WOLOWSKI et al., 2019).

## 2.2 Declínio dos polinizadores e mecanismos de ação dos pesticidas

O declínio de polinizadores incita graves consequências para os ecossistemas naturais, visto que, a dependência da polinização para plantas florais varia entre 78% e 94% em ecossistemas temperados e tropicais (OLLERTON, WINFREE e TARRANT, 2011). Dentre os elementos que ameaçam a ação polinizadora das abelhas, encontra-se a fragmentação do habitat, alterações climáticas, espécies invasoras, diminuição do interesse na apicultura, patógenos e pesticidas (JOHNSON et al., 2010; MAINI, MEDRZYCKI, PORRINI, 2010; VANBERGEN et al., 2013; RUVOLLO-TAKASUSUKI et al., 2015; MAGGI et al., 2016; SHEFFIELD, NGO, AZZU, 2016; REQUIER, 2020).

Entre os elementos que ameaçam os polinizadores, os pesticidas são compostos sintéticos ou naturais desenvolvidos para controle de pragas agrícolas e fomentam o desenvolvimento da agricultura, pois, quando usados de modo correto, controlam

rapidamente doenças e aumentam a produção agrícola (AKTAR, SENGUPTA, CHOWDHURY, 2009). Embora os pesticidas encontram-se amplamente utilizados para proteger as culturas agrícolas eles também expõem à contaminação insetos benéficos e não alvos, como os polinizadores (OLIVER et al., 2015).

Os neonicotinoides, são pesticidas, amplamente empregados na agricultura (VAN DER SLUIJS et al., 2013). São compostos registrados em mais de 120 países, estando entre os inseticidas mais eficazes para o controle de insetos pragas sugadoras, como pulgões, mosca-branca, tripses, alguns micro-Lepidopteras, e uma série de pragas de coleópteros (JESCHKE et al., 2011). Contudo, os neonicotinoides foram banidos na União Europeia desde 2013, devido aos seus efeitos tóxicos nas abelhas *A. mellifera* (EUROPEAN COMMISSION, 2019). No Brasil os neonicotinoides continuam sendo comercializados (MAPA, 2020).

Pertencem a classe neonicotinoides os princípios ativos: imidacloprido, acetamiprido, clotianidina, tiametoxam, tiacloprido, dinotefurano e nitenpiram, comercializados sob uma variedade de nomes comerciais no mundo (FAIRBROTHER et al., 2014). No Brasil, são encontrados o acetamiprido, clotianidina, imidacloprido, tiametoxam, tiacloprido e dinotefuram (Figura 2), com um total de 101 produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020). Estes atuam como agonistas do receptor nicotínico de acetilcolina (nAChR) de uma maneira similar a nicotina, mas com muito mais potência e seletividade para os receptores de insetos do que em mamíferos (TOMIZAWA e CASIDA, 2008). Devido a ampla utilização, os neonicotinoides tem se destacado na contaminação das abelhas durante o forrageamento e, conseqüentemente, tem sido apontado como fator contribuinte para o declínio de populações comerciais e selvagens desses polinizadores (GOULSON, 2013).

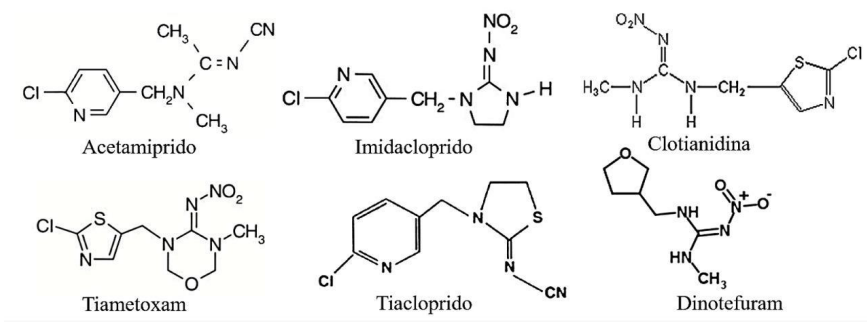


Figura 2. Fórmula química dos principais neonicotinoides comercializados no Brasil

Outra classe que apresenta destaque por comprometer a atividade dos polinizadores são os piretroides, tais como, abamectina, deltametrina e bifentrina. No Brasil, são



encontrados acrinatrina, alfa-cipermetrina, beta-ciflutrina, beta-cipermetrina, bifentrina, ciflutrina, cipermetrina, deltametrina, esfenvalerato e fenpropatrina (Figura 3), com total de 77 produtos comercializados (MAPA, 2020).

Esses pesticidas são empregados no controle de vetores de doenças (insetos) em regiões de clima tropical (Zaim e Jambulingam, 2010). Eles agem nos canais de sódio voltagem dependentes presentes nas membranas das células nervosas e musculares. Esses canais se abrem permitindo a propagação do estímulo nas células, contudo, sob interferência do piretroide, os mesmos são mantidos abertos e o inseto acaba morrendo por hiperexcitação (CHARRETON et al., 2015).

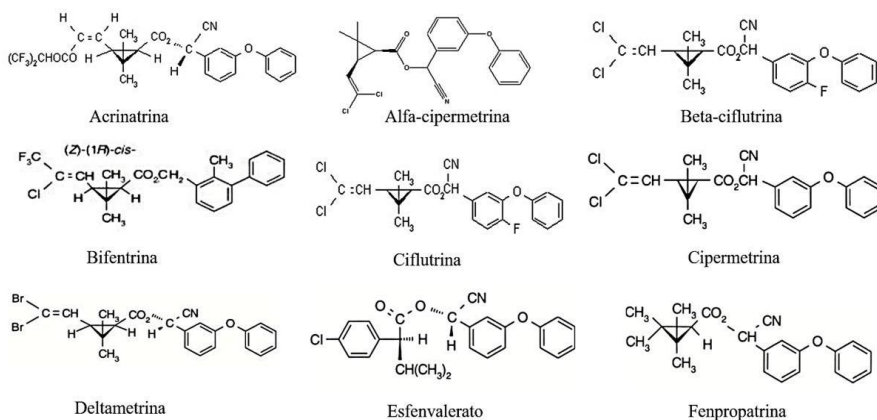


Figura 3. Fórmula química dos principais piretroides comercializados no Brasil

Além do mecanismo de ação primário sobre o sistema nervoso ou muscular dos insetos, frequentemente são utilizados em combinações com piperonil butóxido e n-octil biciclooptano dicarboxamida. Como esses compostos exercem efeito sinérgico aos piretroides, ampliam sua toxicidade por meio da inibição ou destruição de enzimas essenciais (HEINZOW e ANDERSEN, 2006).

Adicionalmente aos neonicotinoides e piretroides, existem várias outras classes de pesticidas disponíveis no mercado como organofosforados, pirazol (fipronil) e bioinseticidas (como o espinosade) que podem apresentar algum efeito negativo aos polinizadores (JACOB et al., 2015; GÓMEZ-ESCOBAR et al., 2018; PRADO-SILVA et al., 2018). O uso desses compostos, pode ocasionar alterações fisiológicas, diminuição da longevidade, consequentemente, a morte das abelhas (FREITAS e PINHEIRO, 2010).

A exposição aos pesticidas pode caracterizar uma grave ameaça às abelhas. Doses subletais desses produtos podem causar alterações morfo-fisiológicas, citotóxicas, efeitos negativos sobre o sistema olfatório, distúrbios no voo, resposta imune, podendo reduzir



a sobrevivência, afetando a produção apícola e a manutenção das cultivares selvagens e agrícolas (OLLERTON, WINFREE e TARRANT, 2011; PACÍFICO-DA-SILVA, MELO e SOTO-BLANCO, 2016; LI et al., 2017; TAVARES et al., 2017; TOSI, BURGIO, NIEH, 2017).

### 2.3 Efeitos da exposição de abelhas aos pesticidas

Inúmeros trabalhos verificaram alterações citotóxicas promovidas por pesticidas nas abelhas (JACOB et al., 2015; MOREIRA et al., 2018; MARQUES, LIMA, BERNARDES, 2020). A espécie *A. mellifera*, é empregada como organismo modelo em pesquisas, principalmente, as direcionadas para detecção de efeitos a compostos tóxicos (JACOB et al., 2015). Contudo, estudos com abelhas nativas ainda são restritos, embora sejam embora sejam tão importantes quanto os desenvolvidos com abelhas melíferas, devido seu papel essencial de polinização no ecossistema brasileiro (WOLOWSKI et al., 2019).

Efeitos de abamectina e deltametrina no intestino médio de abelhas forrageiras de *A. mellifera* confirmaram que deltametrina promoveu a separação da lâmina basal e diminuiu o espaço luminal, enquanto abamectina afetou as células do intestino médio podendo causar distúrbios digestivos no órgão (ALJEDANI, 2017). A combinação dos compostos  $\lambda$ -cialotrina ( $\lambda$ -cy),  $\beta$ -cipermetrina ( $\beta$ -cy) e abamectina foram testadas em *A. mellifera*, indicando que essa composição suprimiu significativamente a atividade e expressão de glutatona S-transferases (GSTs), que são enzimas-chave de desintoxicação em insetos (WANG et al., 2020).

Alterações morfológicas e histoquímicas nas células digestivas e regenerativas do intestino médio, bem como, nos corpos de cogumelo e lobos ópticos do cérebro foram identificadas por Oliveira et al. (2013) ao pesquisar os efeitos de tiametoxam em *A. mellifera*. Nessa mesma espécie, efeitos citotóxicos deste mesmo composto, foram confirmados no intestino médio por meio da diminuição das cristas mitocondriais e núcleos irregulares nas células digestivas e, e em túbulos de Malpighi, devido a ruptura do citoplasma e do labirinto basal no órgão excretor (CATAE et al., 2014).

Os efeitos *in vitro* de tiametoxam em larvas de *A. mellifera* foram identificados na avaliação morfológica e imunocitoquímica dos cérebros de abelhas expostas, apresentam células reduzidas e morte celular precoce nas células dos lobos ópticos (TAVARES et al., 2015). Testes em laboratório avaliaram também o neonicotinoide tiametoxam em abelhas-sem-ferrão *Scaptotrigona bipunctata*, permitiram observar alterações no intestino médio incluindo desprendimento do epitélio da lâmina basal, além de desorganização epitelial e alterações morfológicas significativas nas células digestivas (MOREIRA et al., 2018).

O fornecimento via oral para *A. mellifera* de diferentes doses de imidacloprido durante três semanas em experimento de campo, causou diminuição no forrageamento e do comportamento higiênico das abelhas operárias, comprometimento da postura e da atividade locomotora em abelhas rainhas (WU-SMART E SPIVAK, 2016). Em outro estudo, os efeitos de doses subletais deste mesmo composto em *A. mellifera*, permitiu detectar, diminuição

da lâmina basal, vacuolização citoplasmática, aumento da frequência e intensidade dos núcleos picnóticos, além da perda de parte da célula para o lúmen nos túbulos de Malpighi (ROSSI et al., 2013). Em *Tetragonisca angustula*, testes com imidacloprido e tiametoxam mostraram elevada toxicidade para esta espécie, com alterações, principalmente, na atividade de locomoção (JACOB et al., 2019).

Jacob et al. (2015), averiguaram o impacto de fipronil (pirazol) sobre os corpos de cogumelo em *S. postica* via oral e tópica. Foram observadas alterações morfológicas nas células de Kenyon (neurônios dos corpos de cogumelo) que apresentaram perfis picnóticos, sugerindo morte celular. Em estudo realizado com doses subletais de fipronil para *A. mellifera* foram observadas modificações na atividade da enzima carboxilesterase (CaE) em todas as isoformas analisadas (CaE-1, CaE-2 e CaE-3) (ROAT et al., 2017).

O uso do biopesticida espinosade em abelhas-sem-ferrão *Plebeia lucii* prejudicou a sobrevivência e locomoção (andando e voando) dos insetos, porém, a massa corporal e a taxa de respiração não foram alteradas (MARQUES, LIMA e BERNARDES, 2020). Esse mesmo composto foi utilizado via oral em *Melipona quadrifasciata* afetando o voo e interações sociais das operárias (TOMÉ et al., 2015). Em *Partamona helleri*, espinosade promoveu modificações larvais, tais como alterações morfológicas no intestino médio, reduzindo a sobrevivência dos insetos (ARAUJO et al., 2019).

### 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução constante de novos produtos no mercado, exige que as pesquisas sejam realizadas continuamente tanto em laboratório, como semicampo e em campo para identificar os possíveis efeitos tóxicos, morfo-fisiológicos e comportamentais dos pesticidas sobre as abelhas e como podem contribuir para o declínio desses polinizadores. Pois, o papel das abelhas como polinizadoras é essencial para a manutenção dos ecossistemas naturais, o aumento de produtividade de muitas cultivares agrícolas, bem como, para a apicultura, contribuindo com o desenvolvimento econômico de muitos países, inclusive o Brasil.

### REFERÊNCIAS

AKTAR, W.; SENGUPTA, D.; CHOWDHURY, A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. **Interdisciplinary Toxicology**, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2009.

ALJEDANI, D.M. Effects of abamectin and deltamethrin to the foragers honeybee workers of *Apis mellifera* Jemenatica (Hymenoptera: Apidae) under laboratory conditions. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 24, n. 5, p. 1007-1015, 2017.

ARAUJO, R.S.; BERNARDES, R.C.; FERNANDES, K.M.; LIMA, M.A.P.; MARTINS, G.F.; TAVARES, M.G. Spinosad-mediated effects in the post-embryonic development of *Partamona helleri* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Environmental Pollution**, v. 253, p. 11-18, 2019.

BIESMEIJER, J.C. et al. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science**, v. 313, n. 5785, p. 351-354, 2006.

CATAE, A.F.; ROAT, T.C.; OLIVEIRA, R.A.; FERREIRA NOCELLI, R.C.; MALASPINA, O. Cytotoxic effects of thiamethoxam in the midgut and malpighian tubules of *Africanized Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Microscopy Research and Technique**, v. 77, n. 4, p. 274-281, 2014.

CHAM, K. O. et al. Pesticide exposure assessment paradigm for stingless bees. **Environmental Entomology**, v. 48, n. 1, p. 36-48, 2019.

CHAUZAT, M.P.; CAUQUIL, L.; ROY, L.; FRANCO, S.; HENDRIKX, P.; RIBIERE-CHABERT, M. Demographics of the European apicultural industry. **Plos One**, v. 8, n. 11, p. e79018, 2013.

CHAUZAT, M.P.; FAUCON, J.P.; MARTEL, A.C.; LACHAIZE, J.; COUGOULE, N.; AUBERT, M. 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.

CHARRETON, M.; DECOURTYE, A.; HENRY, M.; RODET, G.; SANDOZ, J.-C.; CHARNET, P.; COLLET, C. A locomotor deficit induced by sublethal doses of pyrethroid and neonicotinoid insecticides in the honeybee *Apis mellifera*. **PLoS One**, v. 10, p. e0144879, 2015.

COSTANZA, R. et al. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go?. **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1-16, 2017.

CRENNA, E.; JOLLIET, O.; COLLINA, E.; SALA, S.; FANTKE, P. Characterizing honey bee exposure and effects from pesticides for chemical prioritization and life cycle assessment. **Environment International**, v. 138, p. 105642, 2020.

CRUZ, A.S.; SILVA-ZACARIN, E.C.M.; BUENO, O.; 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, n. 2, p. 165, 2010.

DAI, P.; JACK, C.J.; MORTENSEN, A.N.; BUSTAMANTE, T.A.; BLOOMQUIST, J.R.; ELLIS, J.D. Chronic toxicity of clothianidin, imidacloprid, chlorpyrifos, and dimethoate to *Apis mellifera* L. larvae reared in vitro. **Pest Management Science**, v. 75, n. 1, p. 29-36, 2019.

European Commission Neonicotinoids. 2019. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/approval\\_active\\_substances/approval\\_renewal/neonicotinoids\\_en](https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/approval_active_substances/approval_renewal/neonicotinoids_en)>. Acesso em: 13 de julho de 2020.

FAIRBROTHER, A.; PURDY, J.; ANDERSON, T.; FELL, R. Risks of neonicotinoid insecticides to honeybees. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 33, n. 4, p. 719–731, 2014.

FAO (Food and Agriculture Organization). Pollinator safety in agriculture. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3800e.pdf>>. Acesso em: 18, junho, 2020. Rome, 2014.

FREITAS, B.M. et al. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, p. 332-346, 2009.

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

GALLAI, N.; VAISSIÈRE, B.E. **Guidelines for the economic valuation of pollination services at a national scale**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-at523e.pdf>>. Acesso em: 26 de junho de 2020. Rome: FAO, 2009.

GARRATT, M.P.; BREEZE, T.D.; JENNER, N.; POLCE, C.; BIESMEIJER, J.C.; POTTS, S.G. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 184, p. 34-40, 2014.

GÓMEZ-ESCOBAR, E. et al. Effect of GF-120 (Spinosad) aerial sprays on colonies of the stingless bee *Scaptotrigona mexicana* (Hymenoptera: Apidae) and the honey bee (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 4, p. 1711-1715, 2018.

GOULSON, D. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, n. 4, p. 977-987, 2013.

GREGORC, A et al. Effects of coumaphos and imidacloprid on honey bee (Hymenoptera: Apidae) lifespan and antioxidant gene regulations in laboratory experiments. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2018.

HEINZOW, B.; ANDERSEN, H.R. Biocides and pesticides. In: DUFFUS, J.H.; WORTH, H.G.J. **Fundamental Toxicology**. Londres: Royal Society of Chemistry, 2006. p. 291-302.

JACOB, C.R.; SOARES, H.M.; NOCELLI, R.C.; MALASPINA, O. Impact of fipronil on the mushroom bodies of the stingless bee *Scaptotrigona postica*. **Pest Management Science**, v. 71, n. 1, p. 114-122, 2015.

JACOB, C.R.O.; ZANARDI, O.Z.; MALAQUIAS, J.B.; SILVA, C.A.S.; YAMAMOTO, P. The impact of four widely used neonicotinoid insecticides on *Tetragonisca angustula* (Latreille) (Hymenoptera: Apidae). **Chemosphere**, v. 224, p. 65-70, 2019.

JESCHKE, P.; NAUEN, R.; SCHINDLER, M.; ELBERT, A. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 7, p. 2897-2908, 2011.

JOHNSON R.M.; ELLIS M.D.; MULLIN C.A.; FRAZIER M. Pesticides and honey bee toxicity—USA. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 312-331, 2010.

JUNQUEIRA, C.N.; AUGUSTO, S.C. Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. **Apidologie**, v. 48, n. 2, p. 131-140, 2017.

KLEIN, A. M.; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; MUPEPELE, A.C.; PUFAL, G. Relevance of wild and managed bees for human well-being. **Current Opinion in Insect Science**, v. 26, p. 82-88, 2018.

KLEIN, A.M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

LEBUHN, G.; DROEGE, S.; CONNOR, E.; GEMMILL-HERREN, B.; AZZU, N. Protocol to detect and monitor pollinator communities guidance for 57 practitioners. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5367e.pdf>>. Acesso em: 28 de novembro de 2016. Rome: FAO, 2016.

LI, Z.; et al. Differential physiological effects of neonicotinoid insecticides on honey bees: A comparison between *Apis mellifera* and *Apis cerana*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 140, p. 1-8, 2017.

MAGGI, M. et al. Honeybee health in South America. **Apidologie**, v. 47, n. 6, p. 835-854, 2016.

MAINI, S.; MEDRZYCKI, P.; PORRINI, C. The puzzle of honey bee losses: a brief review. **Bulletin of Insectology**, v. 63, n. 1, p. 153-160, 2010.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 11 de julho de 2020.

MARQUES, R.D.; LIMA, M.A.P.; BERNARDES, R.C. A spinosad-based formulation reduces the survival and alters the behavior of the stingless bee *Plebeia lucii*. **Neotropical Entomology**, p. 1-8, 2020.

MATSUDA, K.; BUCKINGHAM, S.D.; KLEIER, D.; RAUH, J.J.; GRAUSO, M.; SATTELLE, D.B. Neonicotinoids: insecticides acting on insect nicotinic acetylcholine receptors. **Trends in Pharmacological Sciences**, v. 22, n. 11, p. 573-580, 2001.

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.

MURREL, E.G. Can agricultural practices that mitigate or improve crop resilience to climate change also manage crop pests? **Current Opinion in Insect Science**, v. 23, p. 81-88, 2017.

NASCIMENTO, W.M.; GOMES, E.M.L.; BATISTA, E.A.; FREITAS, R.A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 494-498, 2012.

NEAL, A.P.; YUAN, Y.; ATCHISON, W.D. Allethrin differentially modulates voltage-gated calcium channel. **Toxicological Sciences**, v. 116, n. 2, p. 604-613, 2010.

OLIVEIRA, R.A.; ROAT, T. C.; CARVALHO, S. M.; MALASPINA, O. Side-effects of thiamethoxam on the brain and midgut of the Africanized honeybee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Environmental Toxicology**, v. 29, p. 1122-1133, 2013.

OLIVER, T.H.; ISAAC, N.J.; AUGUST, T.A.; WOODCOCK, B.A.; ROY, D. B.; BULLOCK, J.M. Declining resilience of ecosystem functions under biodiversity loss. **Nature Communications**, v. 6, n. 1, p. 1-8, 2015.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals?. **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

PACÍFICO-DA-SILVA, I.; MELO, M.M.; SOTO-BLANCO, B. Efeitos tóxicos dos praguicidas para abelhas. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 10, n. 1, p. 142-157, 2016.

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

- POTTS, S.G.; BIESMEIJER, J.C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W.E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.
- PRADO-SILVA, A.; NUNES, L.A.; SANTOS, J.M.; MELLO-AFFONSO, P.R.A.; WALDSCHMIDT, A.M. Morphogenetic alterations in *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Hymenoptera: Apidae) associated with pesticides. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 74, n. 4, p. 627-632, 2018.
- RADWAN, M.H.I; SAND, R.E.; HENDAWY, M.A. Acute toxicity of some insecticides on honeybee, *Apis mellifera* L. **Zagazig Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 1, p. 65-70, 2020.
- REQUIER, F. Honey Bees in Latin America. In: ILYASOV, R. A.; KWON, H. Q. **Phylogenetic of bees**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2020. p. 206-221.
- RICKETTS, T.H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?. **Ecology Letters**, v. 11, n. 5, p. 499-515, 2008.
- ROAT, T.C.; CARVALHO S.M.; PALMA M.S.; MALASPINA O. Biochemical response of the Africanized honeybee exposed to fipronil. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 36, n. 6, p. 1652-1660, 2017.
- ROUBIK, D.W. **The pollination of cultivated plants: a compendium for practitioners**. Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO), Roma. 2018.
- ROSSI, C.A.; ROAT, T.C.; TAVARES, D.A.; CINTRA-SOCOLOWSKI, P.; MALASPINA, O. Effects of sublethal doses of imidacloprid in malpighian tubules of Africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Microscopy Research and Technique**, v. 76, n. 5, p. 552-558, 2013.
- RUVOLO-TAKASUSUKI MCC, RONQUI L, BARATEIRO-STUCHI ALP, et al. Biomonitoring the environmental quality by bees. In: PRICE A, KELTON J, SARUNAITÉ L, eds. **Herbicides, physiology of action, and safety**. Croatia: IntechOpen; 2015, p. 97-122.
- SANTOS A.R.; BERNARDES, R.C.; FERNANDES, K.M.; LIMA, M.A.P.; MARTINS, G.F.; TAVARES, M. G. Spinosad-mediated effects in the post-embryonic development of *Partamona helleri* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Environmental Pollution**, v. 253, p. 11-18, 2019.
- SHEFFIELD CS, NGO HT, AZZU N. **A Manual on Apple Pollination**. Rome: FAO; 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5527e.pdf>. Acesso em: 20 de junho, 2020.
- TAVARES, D.A.; ROAT, T.C.; CARVALHO, S.M.; SILVA-ZACARIN, E.C.M.; MALASPINA, O. In vitro effects of thiamethoxam on larvae of Africanized honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Chemosphere**, v. 135, p. 370-378, 2015.
- TAVARES, D.A. et al. Exposure of larvae to thiamethoxam affects the survival and physiology of the honey bee at post-embryonic stages. **Environmental Pollution**, v. 229, p. 386-393, 2017.
- TOMÉ, H.V.V., BARBOSA, W.F., MARTINS, G.F., GUEDES, R.N.C. Spinosad in the native stingless bee *Melipona quadrifasciata*: regrettable non-target toxicity of a bioinsecticide. **Chemosphere**, v. 124, p. 103-109, 2015.

TOMIZAWA, M.; CASIDA, J.E. Molecular recognition of neonicotinoid insecticides: the determinants of life or death. **Accounts of Chemical Research**, v. 42, p. 260-269, 2008.

TOSI, S.; BURGIO, G.; NIEH, J.C. A common neonicotinoid pesticide, thiamethoxam, impairs honey bee flight ability. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2017.

VAN DER SLUIJS, J. P., SIMON-DELISO, N., GOULSON, D., MAXIM, L., BONMATIN, J. M., & BELZUNCES, L. P. Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 3-4, p. 293-305, 2013.

VANBERGEN, A.J. The Insect Pollinators. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 11, n. 5, p. 251-259, 2013.

VIT, P.; PEDRO, S.R.M.; ROUBIK, D.W. **Pot-pollen in stingless bee melittology**. Cham, CH: Springer, 2018.

ZAIM, M.; JAMBULINGAM, P. **Global insecticide use for vector-borne disease control**. World Health Organization, Geneva, Switzerland. 2010.

WANG, Y.; ZHANG, W.; SHI, T.; XU, S.; LU, B.; QIN, H.; YU, L. Synergistic toxicity and physiological impact of thiamethoxam alone or in binary mixtures with three commonly used insecticides on honeybee. **Apidologie**, p. 1-11, 2019.

WOLOWSKI, M. et al. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Carlos: Editora Cubo. 2019, 184p.

WOODCOCK, B.A. et al. Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. **Nature Communications**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2016.

WU-SMART, J.; SPIVAK, M. Sub-lethal effects of dietary neonicotinoid insecticide exposure on honey bee queen fecundity and colony development. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2016.

## SOBRE OS ORGANIZADORES

**JOSÉ MAX BARBOSA OLIVEIRA-JUNIOR** - Possui pós-doutorado pela Universidade do Algarve (UAAlg). Doutor em Zoologia (Conservação e Ecologia). Mestre em Ecologia e Conservação (Ecologia de Sistemas e Comunidades de Áreas Úmidas). Especialista em Perícia e Auditoria Ambiental. Graduado em Ciências Biológicas (licenciatura plena). É professor Adjunto II da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), lotado no Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA). Orientador nos programas de Pós-Graduação stricto sensu em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida (PPGSAQ-UFOPA); Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND-UFOPA); Biodiversidade (PPGBEES-UFOPA) e Ecologia (PPGECO-UFPA/EMBRAPA). Editor Associado do periódico Oecologia Austrais. Membro de corpo editorial do periódico Enciclopédia Biosfera. Tem vasta experiência em ecologia e conservação de ecossistemas aquáticos continentais, integridade ambiental, ecologia geral, avaliação de impactos ambientais (ênfase em insetos aquáticos). Áreas de interesse: ecologia, conservação ambiental, agricultura, pecuária, desmatamento, avaliação de impacto ambiental, insetos aquáticos, bioindicadores, ecossistemas aquáticos continentais, padrões de distribuição. Links do organizador: Currículo Lattes | ORCID | Scopus | Publons |

**LENIZE BATISTA CALVÃO** - Atualmente é pós-doutoranda na Universidade Federal do Amapá. Possui pós-doutorado pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Doutora em Zoologia (Conservação e Ecologia) pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Mestre em Ecologia e Conservação (Ecologia de Sistemas e Comunidades de Áreas Úmidas) pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Graduada em Ciências Biológicas (Licenciatura Plena) pela Faculdade Araguaia (FARA). Possui experiência com avaliação de impactos antropogênicos em sistemas hídricos do Cerrado mato-grossense, utilizando a ordem Odonata (Insecta) como grupo biológico resposta. Atualmente desenvolve estudos avaliando a integridade de sistemas hídricos de pequeno porte na região amazônica, também utilizando a ordem Odonata como grupo resposta, com o intuito de buscar diretrizes eficazes para a conservação dos ambientes aquáticos. Links da organizadora: Currículo Lattes | ORCID | ResearchGate |



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abelhas noturnas 18, 20, 26, 27

Abelhas sem ferrão 1, 2, 3, 4, 5, 6, 47, 52, 53, 54, 56, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 67, 96, 98, 131, 140, 155, 160, 167, 175, 176, 190, 195

Agroecologia 51, 53, 61

Agroquímicos 1, 5, 6, 10, 12, 13, 15

Apifauna 28, 34, 35, 36, 45

Apis mellifera 4, 9, 10, 11, 14, 16, 17, 87, 96, 98, 116, 132, 133, 135, 137, 138, 139, 140, 141, 146, 150, 151, 152, 155, 157, 159, 166, 168, 169, 170, 171, 175, 180, 193, 194, 196, 200, 201, 203, 204

Atividade antioxidante 92, 93, 98, 100, 102, 103, 105, 108, 109, 137, 151, 164, 165, 169, 171

### B

Bem-estar animal 52, 57, 59, 60

Bioindicadores 10, 12, 14, 15, 16, 206

### C

Caracterização química 173

Cerrado 21, 25, 28, 30, 34, 36, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 55, 67, 97, 189, 206

Coleção biológica 34

Colmeia 10, 13, 14, 15, 51, 54, 55, 57, 58, 59, 78, 81, 82, 84, 85, 101, 119, 139, 140, 141, 142, 144, 150, 151, 153, 159, 173, 174, 176, 178, 191

Composição química 78, 82, 83, 87, 96, 100, 132, 139, 143, 173, 176, 192

Compostos voláteis 85, 87, 139, 151, 173, 174, 189, 190

Conservação 2, 6, 11, 12, 21, 32, 34, 35, 44, 45, 47, 52, 54, 60, 61, 84, 152, 158, 159, 160, 161, 163, 171, 195, 206

Consumidores 2, 5, 174, 179, 189

Contaminação 5, 6, 10, 15, 89, 154, 158, 159, 177, 184, 197

Cromatografia gasosa 94, 139, 142

Culturas agrícolas 3, 5, 11, 193, 195, 197

### D

Desmatamento 194, 206

## **E**

Estrutura 5, 11, 28, 55, 57, 63, 85, 104, 144, 147, 174

Euglossini 18, 19, 20, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 47, 49

## **F**

Flores 3, 4, 9, 11, 14, 15, 19, 20, 27, 32, 35, 81, 84, 91, 94, 101, 140, 158, 174, 177, 178, 179

## **G**

Grupo de espécies 63

## **H**

Hymenoptera 2, 8, 9, 22, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 61, 74, 75, 76, 77, 95, 96, 98, 116, 132, 133, 152, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 200, 201, 202, 203, 204

## **I**

Inseticidas 3, 5, 6, 11, 44, 193, 197

Isclas-odores 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27

## **M**

Megalopta 18, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 32, 42

Meio ambiente 10, 12, 14, 52, 61, 100, 102

Mel 2, 3, 6, 14, 15, 17, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 79, 80, 87, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 101, 134, 135, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 184, 185, 187, 189, 190, 192, 193, 196

Meliponicultura 3, 8, 51, 52, 53, 60, 61, 98, 131, 155

Morfologia 45, 63, 91

## **P**

Palinologia 78, 80, 96, 110, 130, 132

Pólen apícola 78, 79, 84, 85, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 97, 99, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 110, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138

Pólen e medicina 110

Polinização 1, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 19, 20, 27, 32, 35, 36, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 52, 53, 84, 110, 153, 155, 175, 190, 193, 194, 195, 196, 199, 205

Produto natural 101, 110, 173, 189

Produtos apícolas 10, 11, 14, 78, 79, 82, 91, 110, 135, 173, 174, 194

Produtos da colmeia 13, 139, 140, 142, 144, 151, 153, 159, 174, 176, 191

Própolis 14, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 98, 134, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 150, 151, 152, 154, 175, 193, 196

Propriedades biológicas 78, 82, 85, 88, 92, 97, 156, 174

## **Q**

Qualidade do mel 153, 154, 156, 157, 160, 168, 169

## **R**

Resíduo do beneficiamento 100, 107

## **S**

Saúde 10, 12, 14, 15, 79, 88, 100, 105, 106, 110, 133, 134, 136, 144, 152, 153, 154, 162, 166, 169, 171, 173, 179

Segurança alimentar 12, 96, 154

Serviço ecossistêmico 19, 196

## **T**

Taxonomia 36, 63

# A Interface do Conhecimento sobre Abelhas 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# A Interface do Conhecimento sobre Abelhas 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 