

O declínio populacional das abelhas: causas, potenciais soluções e perspectivas futuras

Juliana da Silva Beringer¹, Fábio Luis Maciel¹, Francine Fioravanso Tramontina¹

¹ Programa de Pós-graduação em Ciências da Natureza e Matemática, Unidade em Bento Gonçalves, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, RS, Brasil.
E-mails: jusberinger@gmail.com, fabio-maciel@uergs.edu.br, francine-tramontina@uergs.edu.br

Recebido em: 6 dez. 2018. Aceito: 19 fev. 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21674/2448-0479.51.17-26>

Resumo

A maioria das Angiospermas necessitam do processo de polinização para desenvolver frutos e sementes. As principais polinizadoras e mais eficientes são as abelhas, porém essas estão sofrendo um declínio populacional cada vez maior, devido a vários fatores e causando inúmeras consequências. Sendo assim, o objetivo deste artigo é expor as causas e consequências do desaparecimento das abelhas e apresentar alternativas visando solucionar esse problema. A partir das informações obtidas e analisadas na presente revisão bibliográfica, foi possível constatar que os desmatamentos, as queimadas, a urbanização, o manejo inadequado, as variações climáticas, os agentes patogênicos, as ondas magnéticas, as monoculturas e os agrotóxicos são relevantes como agentes causais no processo de desaparecimento das abelhas, levando a uma série de consequências, incluindo destruição do habitat, falta de recursos florais, estresse das abelhas, doenças (Varroatoxose, Nosemose e CCD), comprometendo na fisiologia, no comportamento e na estrutura social das abelhas. Na tentativa de minimizar ou evitar esse problema, foram propostas soluções alternativas, através da adoção de medidas como modificação e redução do uso dos agrotóxicos, conservação do habitat mantendo a agrobiodiversidade, manejo adequado das colmeias e uso sustentável das colônias, aprimoramento do conhecimento dos polinizadores para o seu uso adequado, educação ambiental com a população de apicultores, melieiros e agricultores, e a possibilidade de introdução de espécies exóticas com ampla distribuição geográfica e generalista, podendo vir a constituir importantes estratégias visando aplicação futura.

Palavras-chave: Polinização. Abelhas. Desaparecimento. Revisão.

Abstract

The population decline of bees: causes, potential solutions and future perspectives

Most Angiosperms require the process of pollination to develop fruits and seeds. The main and most effective pollinators are bees, but they are undergoing an ever-increasing population decline due to several factors and causing countless consequences. Thus, the objective of this article is to expose the causes and consequences of bee disappearance and present alternatives to solve this problem. From the information obtained and analyzed in the present literature review, it was possible to verify that deforestation, burning, urbanization, inadequate management, climatic variations, pathogens, magnetic waves, monocultures and pesticides are relevant as causal agents in the process of bees disappearance, leading to a number of consequences including habitat destruction, lack of floral resources, bees stress, diseases (Varroatoxosis, Nosemose and CCD), compromising the bees physiology, behavior and social structure. In an attempt to minimize or avoid this problem, alternative solutions were proposed, through the adoption of measures such as modification and reduction of the use of pesticides, habitat conservation maintaining agrobiodiversity, adequate management of hives and sustainable use of colonies, improvement of knowledge of pollinators for their proper use, environmental education with the population

of beekeepers, meleiros and farmers, and the possibility of introducing exotic species with broad geographic and general distribution, and may constitute important strategies for future application.

Keywords: Pollination. Bees. Disappearance. Review.

Introdução

A maioria das Angiospermas deve sua existência a um inseto polinizador: as abelhas. Estas possuem uma enorme importância ambiental devido aos seus serviços prestados ao meio ambiente, aumentando o rendimento das colheitas e a variabilidade genética das plantas.

Ao longo dos anos, os agricultores e cientistas perceberam um grande declínio populacional das abelhas. Esse apresenta-se cada vez maior, em diversos países do mundo e isso acontece há mais de 10 anos.

Existem 20 mil espécies catalogadas de abelhas que estão sob ameaça de extinção (IMPERATRIZ-FONSECA *et al.*, 2012). Os danos causados por perdas decorrentes são de ordem ecológica e econômica. Sendo assim, o objetivo desse artigo é reunir informações sobre as causas e consequências do declínio populacional e sugerir possíveis soluções para esse problema.

Referencial teórico

Angiospermas e os polinizadores

As angiospermas são classificadas como vegetais superiores, pois apresentam uma planta completa, possuindo fruto. Esse fruto aumenta a capacidade de dispersão e proteção do embrião. Além disso, possuem o ciclo de vida mais rápido quando comparado com as gimnospermas.

Os órgãos responsáveis pela reprodução sexuada encontram-se nas flores, sendo o androceu, o órgão masculino e o gineceu, o órgão feminino. Essas plantas podem apresentar os dois sexos (monoicas) ou apresentar sexos separados (dioicas).

A polinização é a transferência dos grãos de pólen das anteras (gameta masculino) para o estigma da flor (gameta feminino) (BRIGGS; WALTER, 1997). Esse processo inicia e garante a fecundação e a formação de frutos e sementes (AZEVEDO COSTA; OLIVEIRA, 2014).

A reprodução da maioria das angiospermas ocorre através do processo de polinização. Cada grão de pólen gera apenas uma semente e uma boa polinização garante a produção satisfatória de muitas plantas.

A polinização cruzada ocorre quando há a transferência dos grãos de pólen da antera de uma flor para o estigma de outra flor da mesma espécie, mas de plantas diferentes (ARIOLI *et al.*, 2015). Esse tipo de polinização permite novas combinações genéticas das sementes e, além disso, é uma polinização mais vantajosa formando plantas mais vigorosas e produtivas (LIMA; ROCHA, 2012; OLIVEIRA, 2015).

Existem diversos agentes polinizadores, podendo ser divididos em fatores abióticos (vento, gravidade, água) ou fatores bióticos (insetos, pássaros, mamíferos e moluscos) (BUCHMANN, 1983; ROUBIK, 1989; NABHAN; BUCHMANN, 1997; KEARNS; INOUE; WASER, 1998; LIMA; ROCHA, 2012; COSTA; OLIVEIRA, 2013, PERUQUETTI; TEIXEIRA; COELHO, 2017).

As angiospermas são especializadas em apenas um grupo de polinizadores e utilizam diferentes estratégias para atrair esses, tais como cores, formas, odores, horário de abertura das flores, entre outras (PERUQUETTI *et al.*, 2017). Além disso, os animais utilizam essas plantas para alimentação (pólen, néctar, óleos, resinas), construção de seus ninhos (óleos e resinas) e ritual reprodutivo (compostos aromáticos) (SIMPSON; NEFF, 1983; RAMALHO *et al.*, 1991; WESTERKAMP, 1996; PERUQUETTI; TEIXEIRA; COELHO, 2017).

Existem várias culturas que utilizam animais como agentes polinizadores, como por exemplo, o melão, o caju, a maçã e o girassol (SILVA *et al.*, 2014). A presença dos animais nesse tipo de transferência é considerada mutualística, ou seja, uma associação obrigatória em que ambos os indivíduos se beneficiam (KEARNS; INOUE, 1997). São consideradas elementos chave para o equilíbrio, manutenção e conservação dos diversos ambientes, sendo eles naturais ou artificiais (COSTA; OLIVEIRA, 2013). Essas interações permitem a coevolução de ambos os organismos, onde contribuem mutuamente para a especificidade e complexidade dos ecossistemas (BARRET; ODUM, 2008).

As abelhas

Dentre os animais polinizadores, as abelhas são consideradas as mais eficientes, possuem diversas características comportamentais e adaptações morfológicas que as qualificam para tal definição, como constância floral, presença de pêlos e estruturas especiais para coleta ou transporte de pólen, néctar ou outros recursos florais (NEFF; SIMPSON 1993; SANTOS, 1998; SCHLINDWEIN, 1998; PERUQUETTI; TEIXEIRA; COELHO, 2017).

Cerca de 90% das espécies de abelhas visitam flores para coleta de recursos (PERUQUETTI *et al.*, 2017), alimentam-se exclusivamente de néctar (fonte de carboidratos) e pólen (fonte proteína) de Angiospermas (RAMALHO *et al.*, 1991; WESTERKAMP, 1996; MICHENER, 2000).

São responsáveis por 85% das plantas com flores das matas e florestas, e 70% das culturas agrícolas dependem desses polinizadores (IMPERATRIZ-FONSECA *et al.*, 2012). No Brasil, elas são responsáveis por 30% da produção. Acredita-se que os serviços de polinização prestados por esses insetos são avaliados em US\$ 54 bilhões por ano (KENMORE; KRELL, 1998). Segundo a ONU (2010) as abelhas polinizam 71 das 100 colheitas que alimentam e vestem a humanidade.

As abelhas contribuem para a melhoria da qualidade e/ou a quantidade de frutos e sementes produzidos (ROUBIK, 1995; KEARNS *et al.*, 1998), e participam da reprodução da maioria das plantas cultivadas (COUTO; COUTO, 2002). Alimentos como maçã, melão, café, maracujá, laranja, soja, algodão, caju, uva, limão, cenoura, amêndoas, castanha-do-pará, entre outras depende do trabalho delas. Garantindo a reprodução das plantas, a variabilidade genética, perpetuação da espécie e o rendimento dessas colheitas (NOGUEIRA-COUTO, 1998; SOUZA *et al.*, 2004).

Desaparecimento das abelhas

As abelhas são importantes para a manutenção da vida e sustentabilidade planetária (LOPES *et al.*, 2014). Visto isso, o valor preciso das abelhas como polinizadores de plantas em ambientes naturais ou agrícolas é incalculável.

Entretanto, as abelhas estão em processo gradativo de ameaça a extinção (KREMEN; WILLIAMS; THORP, 2002; BIESMEIJER *et al.*, 2006; BARBOSA *et al.*, 2017). Nos anos anteriores (década de 80 e 90), o desaparecimento das abelhas já havia sido relatado, porém sem a magnitude e velocidade dos acontecimentos atuais (WILLIAMS *et al.*, 2010).

Acredita-se que uma combinação de diversos fatores que acabam estressando e debilitando as abelhas são a causa do declínio populacional das abelhas, entre eles desmatamentos, variações climáticas, agentes patogênicos (vírus, bactérias, ácaros) e uso de pesticidas (EVANS *et al.*, 2009), deixando-as sem defesa.

A ausência desses polinizadores afeta negativamente a reprodução sexuada e a diversidade genética das plantas, além de comprometer a produção de alimentos e produtos relacionados (KLEIN *et al.*, 2007). Como consequência desse declínio, surgem vários efeitos cascatas relacionados à saúde humana e ao ambiente, além de um forte impacto econômico (GALLAI *et al.*, 2009), podendo levar à extinção de plantas e animais, mudanças na paisagem e nas funções do ecossistema (KEVAN; VIANA, 2003).

Devido à importância ecológica e econômica das abelhas, o seu desaparecimento gera a necessidade da aplicação de ações de conservação para esses polinizadores, principalmente através de manejo adequado e uso sustentável visando em soluções alternativas que modifiquem essa problemática.

Material e Métodos

Na elaboração desta revisão bibliográfica foram consultadas publicações pertencentes as seguintes categorias: periódicos internacionais, periódicos nacionais, livros, dissertação de mestrado, publicações digitais e publicações em anais de eventos. A pesquisa das fontes bibliográficas foi realizada no período compreendido entre março de 2018 e novembro de 2018, através da consulta aos seguintes bancos de dados virtuais: Portal periódicos CAPES (www.periodicos.capes.gov.br), *Scientific Electronic Library Online* (www.scielo.org) e, PubMed (www.ncbi.nlm.nih.gov).

A seleção dos artigos baseou-se na conformidade e relevância dos assuntos tratados nas publicações em relação ao tema central proposto na pesquisa, bem como no impacto da publicação/periódico para a comunidade científica.

Resultados e Discussão

Os fatores causadores do declínio populacional das abelhas encontrados na literatura estão relatados a seguir:

- **Destruição do habitat (desmatamentos, urbanização, queimadas):** O desmatamento de áreas naturais com o objetivo de criar cultivos comercialmente importantes ou áreas de pastagem (WILCOCK; NEILAND, 2002; LOPES *et al.* 2005; KERR *et al.*, 2010; OLIVEIRA, 2015; LOPES *et al.*, 2018), altera o equilíbrio preexistente entre as espécies dessas áreas, causando efeitos negativos na disponibilidade de alimento, impactando diretamente as abelhas que dependem desses recursos florais (OLIVEIRA, 2015). Além disso, o desmatamento pode ocasionar a fragmentação de áreas diminuindo a variabilidade genética e gerando estresse causado pelo transporte a longas distâncias (LOPES *et al.* 2005; MAIA, 2010; KERR *et al.*, 2010; GONÇALVES, 2012; ROCHA; ALENCAR, 2012; ARIOLI *et al.*, 2017). A urbanização foi intensificada pelo aumento populacional, ocasionando derrubadas de grandes áreas florestais, locais que antes serviam de abrigo para esses polinizadores (AFONSO, 2012; BARBOSA *et al.*, 2017). Algumas espécies de abelhas realizam ninhos subterrâneos superficiais perdendo suas moradias, fontes alimentícias (LOPES *et al.*, 2005; KERR *et al.*, 2010; AFONSO, 2012) e perturbando diretamente a sobrevivência dessas espécies. Além disso, esses fatores auxiliam o isolamento das espécies, causando assim endogamia e contribuindo de forma significativa para a manifestação de genes recessivos (ZAYED, 2009).

- **Manejo inadequado:** Os meleiros, após a coleta do mel realizada no habitat natural, deixam a cria no chão e essa acaba sendo destruída pelas formigas (LOPES *et al.*, 2005; KERR *et al.*, 2010). Os ninhos também podem ser destruídos com o intuito de matar a fome ou com a retirada de árvores idosas que seriam ocupadas por novos enxames (KERR, 1997). Além disso, o manejo inadequado gera estresse (MAIA, 2010) e provoca a perda da população.

- **Variações climáticas:** As mudanças climáticas que ocorreram nos últimos anos causaram impactos no meio ambiente e são consideradas possíveis causas no desaparecimento das abelhas (GONÇALVES, 2012; ROCHA; ALENCAR, 2012; BARBOSA *et al.*, 2017). À medida que o clima global muda, os ciclos sazonais equilibrados também começam a mudar (OGILVIE, 2017). O interessante seria a distribuição das flores ao longo de uma estação e não em apenas um determinado momento (OGILVIE, 2017), o que pode ocasionar pouca disponibilidade de flores em alguns períodos, resultando em uma escassez geral de alimentos para as abelhas. Além disso, estudos mostram que as abelhas tornaram-se vulneráveis ao aumento de temperaturas (BIZAWU; LEMGRUBER, 2018).

- **Ondas magnéticas:** Alguns cientistas acreditam que as ondas magnéticas dos aparelhos celulares interferem na orientação das abelhas (COSTA-MAIA, 2010), prejudicando as mesmas.

- **Agricultura (estresses, monoculturas, agrotóxicos, CCD):** A desnutrição das abelhas pode de alguma forma contribuir para a repentina diminuição das espécies (GONÇALVES, 2012; ROCHA; ALENCAR, 2012), visto que com polinização nas monoculturas, as abelhas possuem acesso a somente um tipo de pólen de cada vez (MAIA, 2010).

Além disso, os agrotóxicos conhecidos também como defensivos químicos, pesticidas, praguicidas, inseticidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas químicos e biológicos, e venenos (RIBAS; MATSUMURA, 2009; ARIOLI *et al.*, 2015); contaminam o solo, a água e causam desequilíbrio ecológico, redução da biodiversidade e riscos à saúde (LOPES *et al.*, 2018). Bem como, geram efeitos letais e subletais as abelhas, influenciando tanto na fisiologia quanto no comportamento, comprometendo o desenvolvimento e a estrutura social dessas (DECOURTYE *et al.*, 2005; NOCELLI *et al.*, 2012; NOMINATO, 2012; BARBOSA *et al.*, 2017). Segundo Arioli *et al.* (2015), alguns comportamentos das abelhas podem ser facilmente observados e fornecem indícios de que a colmeia está sendo afetada por algum tipo de substância tóxica.

Uma dessas alterações de comportamento é a Desordem do colapso de colônia (CCD) ou síndrome do desaparecimento das abelhas. Alguns autores acreditam que essa síndrome é multifatorial (CAIRES; BARCELOS, 2017), outros acreditam que seja causada pela exposição de doses subletais de pesticidas do tipo neonicotinóides, que intoxicam os sistemas nervoso e digestivo dos insetos, provocando desordens em seus sistemas de navegação (HIGES *et al.*, 2009; ROCHA; ALENCAR, 2012; SANCHEZ-BAYO; GOKA, 2014). Os neonicotinóides funcionam como neurotoxinas que prejudicam o olfato e a memória, causando desorientação tanto nos insetos pragas quanto nos úteis, dificultando o retorno de abelhas às colmeias (IMPERATRIZ-FONSECA, 2017). Em casos mais graves, elas não conseguem se alimentar e morrem por inanição (IMPERATRIZ-FONSECA *et al.*, 2012).

- **Agentes patogênicos (vírus, bactérias, ácaros, protozoários e fungos):** O uso de agrotóxicos aumenta a sensibilidade das abelhas, possibilitando a presença de pragas e de patógenos novos (JONG; MESSAGE, 2008; MAIA, 2010) ou aumentando a virulência de patógenos conhecidos (MAIA, 2010).

Um dos patógenos é o ácaro *Varroa*, encontrado parasitando tanto larvas, pré-pupas quanto às abelhas adultas (SILVA, 2010). Esse ácaro ocasiona a doença Varroatose e pode dizimar uma população inteira de maneira súbita, enquanto outras debilitam o apiário por longos períodos resultando baixas produções e permanentes maus desenvolvimentos (SILVA, 2010). Geralmente, o ácaro *Varroa*, alimenta-se da hemolinfa de seus hospedeiros (JONG *et al.*, 1982; MATTOS, 2000; MARTEL *et al.*, 2007; MORITZ *et al.*, 2010; SILVA, 2010), sendo considerado importante vetor para vários tipos de vírus (MARTEL *et al.*, 2007; MORITZ *et al.*, 2010), incluindo o vírus que ocasiona asa deformada nas abelhas (conhecido como DWV - *Deformed Wing Virus*) (POTTS *et al.*, 2010; GONÇALVES, 2012; ROCHA; ALENCAR, 2012; ARIOLI *et al.*, 2017), conhecido por infestar praticamente todos os alveários na Europa (POTTS *et al.*, 2010).

Outro patógeno conhecido pelos pesquisadores é o fungo formador de microesporos contaminantes do gênero *Nosema*, causador da doença Nosemose (SILVA, 2010; GONÇALVES, 2012; ROCHA; ALENCAR, 2012; ARIOLI *et al.*, 2017). As espécies do gênero *Nosema* são consideradas parasitas intracelulares obrigatórios, crescendo e se reproduzindo no intestino médio das abelhas, podendo espalhar-se por todos os tecidos (RUTRECHT; BROWN, 2008; CORBY-HARRIS *et al.*, 2016). Essa doença ocasiona nas abelhas desinteria, diarreia, tremores, má mobilidade, podendo ocasionar até morte súbita (SILVA, 2010).

- **Predadores naturais:** Deve ser considerada também a redução das abelhas através do controle natural das populações, por meio da predação por aranhas, formigas, passarinhos, répteis, vespas, traças, e até por abelhas maiores (FABICHAK, 1973).

Entretanto, a presença das abelhas torna-se importante para manter a sustentabilidade na agricultura (GALLAI *et al.*, 2009), sendo assim se faz necessário encontrar e utilizar alternativas que englobem interesses sociais, econômicos e ambientais (BARBOSA *et al.*, 2017).

A primeira solução seria a **modificação no uso dos agrotóxicos**. Segundo Lopes *et al.* (2018) a definição regulamentada pela lei (BRASIL, 1989) e pelo decreto (BRASIL, 2002) evidencia a potencialidade desses agentes químicos de destruir a vida animal e vegetal e, dentre esses organismos vivos prejudicados estão as abelhas, que são agentes polinizadores importantíssimos.

Para Costa e Oliveira (2013) o uso desordenado de agrotóxicos tem provocado aumento na susceptibilidade das abelhas a essas substâncias, prejudicando não só essas, mas a fauna e flora local (TILMAN *et al.*, 2002). Alguns países já baniram o uso de agrotóxicos associados à paralisia ou morte de abelhas. Porém, é necessário que as políticas de uso de agrotóxicos sejam revistas e as penalidades efetivadas (BARBOSA *et al.*, 2017), afim de permitir somente a adição de agrotóxicos de menor risco para estes insetos.

Contudo, existem algumas alternativas para reduzir os impactos desses sobre as abelhas, como por exemplo utilizar com cuidado essas substâncias durante o período da floração a fim de preservar os polinizadores (ROCHA; ALENCAR, 2012).

Outra alternativa é **conservar o habitat**, mantendo certa área intacta de mata nativa circundando as áreas cultivadas para preservar a agrobiodiversidade, mantendo a ligação entre a natureza e a agricultura (KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2002), possibilitando o mínimo de néctar para os polinizadores (FREITAS; PINHEIRO, 2012) e oferecendo recursos a esses (JOHNSON *et al.*, 2009; NOCELLI *et al.*, 2012). A rentabilidade da apicultura depende de ambientes com fontes amplas e nutritivas de pólen e néctar (FREITAS, 2016), quando ocorre à escassez desses dois alimentos os apicultores necessitam fornecer suplementos para prevenir a deficiência nutricional e a insuficiência da colônia (LE CONTE *et al.*, 2010; DECOURTYE *et al.*, 2010; SOROKER *et al.*, 2011).

Além disso, se faz importante o **manejo adequado e uso sustentável** (RODRIGUES, 2015), evitando o manejo excessivo das colmeias e cuidando na preparação da terra para o plantio, com a intenção de manter os ninhos das abelhas que ficam no solo (JOHNSON *et al.*, 2009; NOCELLI *et al.*, 2012).

O **conhecimento dos polinizadores** seria uma das soluções encontradas, visto que o seu potencial nos cultivos ainda torna-se um entrave para o seu uso adequado (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA 2010), esses sistemas de polinização precisam ser mais bem explorados para evitar um desequilíbrio entre o que se produz e o que se consome no mundo (AZEVEDO COSTA; OLIVEIRA, 2014). O risco de extinção de vários alimentos como: tomate, café, manga, coco, laranja, melão, goiaba, melancia, pimentão, maçã, chuchu,

jabuticaba, canola, urucum, berinjela, girassol, abacate, pepino, pêssego, carambola, entre outros, dependem do serviço ecossistêmico de polinização das abelhas (BARBOSA *et al.*, 2017).

Alguns pesquisadores (CARVALHO, 1996; KERR *et al.*, 2001) relatam que a introdução anual de pelo menos três rainhas fecundadas seria uma maneira eficaz para manter a variabilidade genética e a preservação da população de abelhas.

Sobre a **introdução de espécies exóticas** alguns trabalhos são contra (JOHNSON *et al.*, 2009; NOCELLI *et al.*, 2012) e outros apoiam a ideia (LOPES *et al.*, 2005; KERR *et al.*, 2010), em virtude de que as espécies nativas atualmente não estão disponíveis em número suficiente para o serviço de polinização, apesar de serem muitas vezes mais eficientes que as exóticas. O uso de abelhas na agricultura necessita de espécies com ampla distribuição geográfica e generalista cujo manejo, a coleta de alimento e a multiplicação de ninhos sejam conhecidos (IMPERATRIZ-FONSECA *et al.*, 2012).

Para finalizar, a **educação ambiental** seria outra forma de minimizar esse problema, processo pelo qual o indivíduo de forma coletiva constrói valores sociais, conhecimentos, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente (LEITE *et al.*, 2016).

Conclusão

A partir das informações obtidas e analisadas nessa revisão bibliográfica, conclui-se que as abelhas estão em grave risco de extinção devido à diversos fatores antropológicos. O desaparecimento das abelhas trará inúmeros prejuízos, principalmente a redução na produção de alimentos, mas ainda é possível mudar este prognóstico.

Na tentativa de minimizar ou evitar esse problema, foram propostas algumas soluções alternativas, mas a principal delas tem a ver com o caráter humano. Faz-se necessário também que os docentes procurem educar os alunos com esta consciência sobre a importância das abelhas para que a nova geração trate o assunto com mais atenção.

Referências

AFONSO, J. **Origem das linhagens mitocondriais nas abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Genética Evolutiva e Biologia Molecular) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR, São Carlos, 2012.

ARIOLI, C. J.; ROSA, J.M.; BOTTON, M. Mortalidade de *Apis mellifera* e manejo da polinização em macieira. In: **Anais [...]** Embrapa Uva e Vinho-Artigo em anais de congresso (ALICE). ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 14, 2015, Fraiburgo, SC. Caçador: Epagri, v. 2, p. 69-80, 2015.

ARIOLI, C. J. *et al.* Polinizadores em perigo: por que nossas abelhas estão desaparecendo?. In: **Anais [...]** Embrapa Uva e Vinho-Artigo em anais de congresso (ALICE). SIMPÓSIO INTERNACIONAL CIÊNCIA, SAÚDE E TERRITÓRIO, 4, Lages, SC: UNIPLAC, 05 a 07 de jun. 2017.

AZEVEDO COSTA, C. C. de; OLIVEIRA, F. L. de. Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 8(3), 1-10, 2014.

BARBOSA, D. *et al.* As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 3, n. 4, p. 694-703, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21674/2448-0479.34.694-703>. Acesso em: 28 de out. 2018.

BARRET, G. W.; ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

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.

BIZAWU, Kiwonghi; LEMGRUBER, Vanessa. Aspectos jurídicos da desordem de colapso das colônias: o desaparecimento de abelhas. **Revista Direito Mackenzie**, v. 12, n. 1, 2018.

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm>. Acesso em: 28 outubro de 2018.

BRASIL. **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm>. Acesso em: 28 outubro de 2018.

- BRIGGS, D.; WALTER, B. M. **Plant variation and evolution**. England: Cambridge University Press, 1997.
- BUCHMANN, S. E. Buzz Pollination in Angiosperms. In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. (Ed.). **Handbook of Experimental Pollination Biology**. New York, USA: Van Nostrand Reinhold, 1983. p. 73-113.
- CAIRES, S. C.; BARCELOS, D. Colapso das abelhas: Possíveis causas e consequências do seu desaparecimento na natureza. **ACTA Apícola Brasilica**, v. 5, n. 1, 2017.
- CARVALHO, G. A. **Monitoramento dos alelos sexuais xo em uma população finita de *Melipona scutellaris* (Apidae, Meliponini)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 1996.
- CORBY-HARRIS, V. et al. Parasaccharibacter apium, gen. nov., sp. nov., improves honey bee (Hymenoptera: Apidae) resistance to Nosema. **Journal of economic entomology**, v. 109, n. 2, p. 537-543, 2016.
- COSTA, C. C. A.; OLIVEIRA, L. Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura. **Revista Verde**, Mossoró, Rio Grande do Norte, v. 8, n.3, p.1-10, jul-set, 2013.
- COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2002.
- CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society**, v.274, p.303-313, 2007.
- DECOURTYE, A. et al. Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*. **Archives of environmental contamination and toxicology**, v. 48, n. 2, p. 242-250, 2005.
- DECOURTYE, A.; MADER, E.; DESNEUX, N. Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 264-277, 2010.
- EVANS, J. D.; SAEGERMAN, C.; MULLIN, C.; HAUBRUGE, E.; NGUYEN, B. K.; FRAZIER, M.; TARPY, D. R. Colony collapse disorder: a descriptive study. **PLoS one**, 4(8), 2009.
- FABICHAK, I. **Abelhas indígenas sem ferrão** São Paulo: Nobel, 1973.
- FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. **Oecologia australis**, v. 14, n. 1, p. 282-298, 2010.
- FREITAS, P. V. D. X. de et al. Declínio populacional das abelhas polinizadoras: revisão. **PUBVET**, v. 11, p. 1-102, 2016.
- GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological economics**, 68(3), 810-821, 2009.
- GONÇALVES, L. S. O desaparecimento das abelhas, suas causas, consequências e o risco dos neonicotinoides para o agronegócio apícola. **Mensagem doce**, v. 117, p. 2-12, 2012.
- HIGES, M. et al. Honeybee colony collapse due to Nosema ceranae in professional apiaries. **Environmental Microbiology Reports**, v. 1, n. 2, p. 110-113, 2009.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, 2010.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: EDUSP, 2012.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **O papel dos polinizadores na produção de alimentos e o fenômeno do desaparecimento das abelhas**. Fórum de Especialistas. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2017.
- JONG, D. de ; MESSAGE, D. **New and exotic disease threats for Brazilian bees**. In: VIII ENCONTRO SOBRE ABELHAS, Ribeirão Preto, SP. 2008. Disponível em: <https://docgo.net/philosophy-of-money.html?utm_source=viii-encontro-sobre-abelhas>. Acesso em: 28 de out. 2018.
- JONG, D. de; JONG, P. H. de ; GONCALVES, L. S. Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with Varroa jacobsoni. **Journal of apicultural research**, v. 21, n. 3, p. 165-167, 1982.
- JOHNSON, R. M. et al. Changes in transcript abundance relating to colony collapse disorder in honey bees (*Apis mellifera*). **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 106 (35), 14790-14795, 2009. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906970106>.

- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. Pollinators, Flowering Plants, and Conservation Biology. **BioScience**, v. 47, n 5, p. 297-306, 1997.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W.; WASER, N. M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, n. 29, p. 83-112, 1998.
- KENMORE, P.; KRELL, R. **Global perspectives on pollination in agriculture and agroecosystem management**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION AND SUSTAINABLE USE OF POLLINATORS IN AGRICULTURE, with Emphasis on Bees. 7-9 de Outubro, São Paulo, Brasil, 1998.
- KERR, W. E. **Native bees**: a neglected issue in the conservation of genetic resources. Ethics and equity in plant genetic resources. Pub. Foz do Iguaçu: CGIAR by IPCRI, FAO, 1997.
- KERR, W. E.; PETRERE JÚNIOR, M.; DINIZ FILHO, J. A. F. Informações biológicas e estimativa do tamanho ideal da colmeia para a abelha tíuba do Maranhão (*Melipona compressipes fasciculata* Smith-Hymenoptera, Apidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, 18 (1), p.45-52, 2001.
- KERR, W. E. et al. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. **Parcerias Estratégicas**, v. 6, n. 12, p. 20-41, 2010.
- KEVAN, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Pollinating bees**: the conservation link between Agriculture and Nature. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, 2002.
- KEVAN, P.G.; VIANA, B.F. The global decline of pollination services. **Biodiversity**, v.4, n. 4, p. 3-8, 2003.
- KLEIN, A.; VAISSIÈRE, B.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, Ingolf; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society**, v.274, p.303-313, 2007.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; THORP, R. W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 26, p. 16812-16816, 2002.
- LE CONTE, Y.; ELLIS, M.; RITTER, W. Varroa mites and honey bee health: can Varroa explain part of the colony losses?. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 353-363, 2010.
- LEITE, R. V. V. et al. **O Despertar para as abelhas**: educação ambiental e contexto Escolar. In: III CONEDU-CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2016.
- LIMA, M. C.; ROCHA, S. A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil**. Brasília: Ibama, 2012.
- LOPES, M.; FERREIRA, J. B.; SANTOS, G. Abelhas sem-ferrão: a biodiversidade invisível. **Agriculturas**, v. 2, n. 4, p. 7-9, 2005.
- LOPES, L. A.; DAL-FARRA, R. A.; ATHAYDES, Y. Relevância dos insetos em termos ecológicos e suas interações com o ser humano: contribuições para a educação ambiental. **Revista eletrônica educação ambiental em ação**, 2014. Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1863>>. Acesso em: 08 de maio de 2018.
- LOPES, I. S. et al. **Agrotóxicos**: a ameaça de extinção das abelhas no Brasil. 2018.
- MAIA, F. M. C. ; LOURENÇO, D. A. L.; TOLEDO, V. A. A. **Aspectos econômicos e sustentáveis da polinização por abelhas**. Sistemas de Produção Agropecuária (Ciências Agrárias, Animais e Florestais), 2010.
- MARTEL, A.C.; ZEGGANE, S.; AURIÈRES, C.; DRAJNUDEL, P.; FAUCON, J.P.; AUBERT, M. Acaricide residues in honey and wax after treatment of honey bee colonies with Apivar® or Asuntol® 50. **Apidologie**, 38, 534-544, 2007.
- MATTOS, I. M. **Efeito da infestação do ácaro Varroa destructor (Anderson e Treuman, 2000)(Arachnida: Acari: Varroidae)** no desenvolvimento de abelhas africanizadas *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758)(Hymenoptera: Apidae). Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2011.
- MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2000.
- MORITZ, R. F. A.; DE MIRANDA, J.; FRIES, I.; LE CONTE, Y.; NEUMANN, P.; PAXTON, R.J. Research strategies to improve honeybee health in Europe. **Apidologie**, 41, 227-242, 2010.
- NABHAN, G. P.; BUCHMANN, S. Services provided by pollinators. In: DAILY, G. C. (Ed.). **Nature's Services**: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Washington: Island Press, 1997. p. 133-150

- NEFF, J.L.; SIMPSON, B.B. Bees, Pollination Systems and Plant Diversity. In: LASALLE, J.; GAULD, I.D. (Eds). **Hymenoptera and Biodiversity**. Wallingford, CAB International, 1993. p. 143-167.
- NEVES, E. L. **Polinização de espécies nativas da Caatinga e o papel da abelha exótica *Apis mellifera* L.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.
- NOCELLI, R. C. et al. Riscos de pesticidas sobre as abelhas. **Semana dos Polinizadores**, v. 3, 2012.
- NOGUEIRA-COUTO, R.H. As abelhas na manutenção da biodiversidade e geração de rendas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12, 1998, Salvador-BA. **Anais [...]** Salvador: 1998, p. 101
- NOMINATO, F.C. **Estudo da ação do inseticida Tiametoxam na sobrevivência e no comportamento de operárias de *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae)** em diferentes idades. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso (Instituto de Biociências) - Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, UNESP, 2012.
- OGILVIE, J. E. et al. Interannual bumble bee abundance is driven by indirect climate effects on floral resource phenology. **Ecology letters**, v. 20, n. 12, p. 1507-1515, 2017.
- OLIVEIRA, M. O. Declínio populacional das abelhas polinizadoras de culturas agrícolas. **ACTA Apicola Brasílica**, v. 3, n. 2, p. 01-06, 2015.
- PERUQUETTI, R.C.; TEIXEIRA, L. V.; COELHO, F. M. Introdução ao estudo sobre polinização. **Grupo de estudos sobre abelhas**. 2017. Disponível em: <<http://www.ufac.br/ppgespa/polen>>. Acesso em: 15 de out. 2018.
- POTTS, S. G. et al. Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. **Journal of Apicultural Research**, v. 49, n. 1, p. 15-22, 2010.
- RAMALHO, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KLEINERT-GIOVANNINI, A. Ecologia nutricional de abelhas sociais. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. Brasília: Manole, 1991. p. 225-252.
- RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, 2009.
- ROCHA, M.C.L.S.A.; ALENCAR, S. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento**. Brasília: Ibama, 2012.
- RODRIGUES, C. A. S. **Análise morfológica do cérebro de abelhas sem ferrão *Melipona Scutellaris* expostas ao Tiametoxam**. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso (Instituto de Biociências) - Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, UNESP, 2015.
- ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. England: Cambridge University Press, 1989.
- ROUBIK, D.W. **Pollination of cultivated plants in the tropics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, n.118, 1995.
- RUTRECHT, S. T.; BROWN, M. J.F. The life-history impact and implications of multiple parasites for bumble bee queens. **International journal for parasitology**, v. 38, n. 7, p. 799-808, 2008.
- SANCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Pesticide residues and bees—a risk assessment. **PloS one**, v. 9, n. 4, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094482>. Acesso em: 15 de out. 2018.
- SANTOS, I.A. dos. A importância das abelhas na polinização e manutenção da diversidade dos recursos vegetais. **Anais [...]** III Encontro sobre Abelhas de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 3: 101-106, 1998.
- SCHLINDWEIN, C. Frequent oligolecty characterizing a diverse bee-plant community in a xerophytic bushland of subtropical Brazil. **Studies on Neotropical Fauna & Environment**, v. 33, n. 1, 1998.
- SILVA, F. S. **Revisão das Doenças que podem acometer *Apis mellifera***. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Medicina Veterinária da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- SILVA, C. I. et al. **Guia ilustrado de abelhas polinizadoras no Brasil**. São Paulo: Instituto Avançado da Universidade de São Paulo, Coeditor: Ministério do Meio Ambiente-Brasil, 2014.
- SIMPSON, B. B.; NEFF, J. L. Evolution of diversity of rewards. In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. (Ed.). **Handbook of experimental pollination biology**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983. p. 142-159.

SOROKER, V. *et al.* Evaluation of colony losses in Israel in relation to the incidence of pathogens and pests. **Apidologie**, v. 42, n. 2, 2011.

SOUZA, R. C. da S. *et al.* Valor nutricional do mel e pólen de abelhas sem ferrão da região amazônica. **Acta Amazonica**, v.34, n.2, p.333-336. 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000200021>. Acesso em: 15 de out. 2018.

TILMAN, D. *et al.* Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, n. 6898, 2002.

ZAYED, A. Bee genetics and conservation. **Apidologie**, v. 40, n. 3, p. 237-262, 2009.

WESTERKAMP, C. H. Pollen in bee-flower relations: Some considerations on melittophily. **Bot. Acta**, v. 109, p. 325-332, 1996.

WILCOCK, C.; NEILAND, R. Pollination failure in plants: why it happens and when it matters. **Trends in plant science**, v. 7, n. 6, p. 270-277, 2002.

WILLIAMS, G. R. *et al.* Colony collapse disorder in context. **Bioessays**, v. 32, n. 10, p. 845-846, 2010.

WINFREE, R. The conservation and restoration of wild bees. **Annals of the New York academy of sciences**, v. 1195, n. 1, p. 169-197, 2010.