

O Declínio das Abelhas a Partir das Publicações Levantadas em um Estudo Bibliométrico

The Decline of the Honeybee from the Publications Retrieved in a Bibliometric Study

Tiago Amaral^{*a}; Irene Carniatto^b

^aInstituto Federal do Paraná. PR, Brasil.

^bUniversidade Estadual do Oeste do Paraná. PR, Brasil.

*E-mail: tiagoamaralueg@gmail.com

Resumo

O declínio dos agentes polinizadores, especialmente das abelhas, tem sido objeto de pesquisas nas últimas décadas e é amplamente reconhecido pela comunidade científica, devido às implicações profundas que o colapso desses agentes acarreta na polinização de plantas, afetando diretamente a produção de alimentos e a conservação da biodiversidade dos ecossistemas. Nesse contexto, realizou-se um estudo bibliométrico com o objetivo de identificar as principais tendências de pesquisa relacionadas ao declínio das abelhas. Foram recuperados artigos, ensaios, livros e outras publicações no período entre os anos 2003 e 2022, dentro da base de dados *Web of Science* (WoS). Para delimitar os artigos publicados, foram utilizadas as palavras-chave: *bee and death or extinction and Bees or decline and bee*, resultando em um banco de dados de 2.374 publicações nos últimos 20 anos. A análise foi conduzida com o auxílio dos softwares *VoSviewer* e *Google Sheets*. Os resultados deste estudo sugerem que a perda de habitat devido à agricultura intensiva é o principal fator que contribui para o declínio, juntamente com o aquecimento global e outras ações humanas, que podem ser responsáveis pelo colapso de diversas espécies de insetos existentes. Notou-se que os principais autores que estudam o tema enfatizam as mudanças na agricultura convencional para agricultura orgânica, implementação de políticas e pesquisas a nível global se pretendemos mitigar o declínio dos polinizadores, promover a proteção de seus habitats e garantir a sustentabilidade dos ecossistemas.

Palavras-chave: Agricultura. *Apis mellifera*. Bibliometria. Meliponicultura. Morte de Polinizadores.

Abstract

The decline of pollinators, particularly bees, has been extensively studied in recent decades and is widely acknowledged by the scientific community due to its profound impact on plant pollination, food production, and biodiversity conservation in ecosystems. To explore this issue, a bibliometric study was conducted to identify key research trends related to bee decline. Articles, essays, books, and other publications from the period between 2003 and 2022 were retrieved using the Web of Science (WoS) database. The search employed the following keywords: “bee and death or extinction and Bees or decline and bee”, resulting in a database of 2,374 publications over the past 20 years. Statistical analysis was performed using VoSviewer and Google Sheets software. The findings of this study indicate that habitat loss caused by intensive agriculture is the primary contributing factor to the decline of pollinators, alongside global warming and other human activities, which may lead to the collapse of numerous insect species. It was noted that the main authors studying the subject emphasize the changes from conventional agriculture to organic agriculture, policy implementation, and global research efforts to mitigate the decline of pollinators, protect their habitats, and ensure ecosystem sustainability.

Keywords: Agriculture. *Apis mellifera*. Bibliometrics. Meliponiculture. Death of Pollinators.

1 Introdução

Os recorrentes desastres ambientais têm se intensificado nas últimas décadas e a principal causa decorre das ações humanas sobre os recursos naturais. Não há consenso, mas são problemáticas amplamente debatidas nas esferas política, midiática e científica. Os desmatamentos para a expansão das fronteiras agrícolas, emissão de gases poluentes e a contaminação das águas são apenas alguns exemplos dessas ações que podem levar ao declínio de ecossistemas e espécies inteiras, com consequências irreversíveis dentro das próximas décadas (CARNIATTO, 2007).

Sánchez-Bayo e Wyckhuys (2019) analisaram 73 relatórios históricos de declínio de insetos em todo o mundo e mostraram

que os índices apontam para a extinção de aproximadamente 40% das espécies de insetos em todo o planeta nos próximos anos. Acreditam que as causas são: Primeiro, a perda dos habitats naturais para espaços agrícolas e urbanos. Segundo, uso indiscriminado de agroquímicos e a poluição. Terceiro, fatores biológicos que produzem patógenos e Quarto, as mudanças climáticas.

As mudanças climáticas geram um alerta por implicar no declínio de espécies como os artrópodes. Segundo Lister e Garcia (2018), os artrópodes compreendem mais de dois terços de todas as espécies terrestres e são de importância central para o bem-estar ecológico dos ecossistemas da Terra. Caso as temperaturas continuem a subir, a população de insetos pode diminuir em até 20%. Alertam os pesquisadores que se as

previsões estiverem corretas, o aquecimento do Planeta Terra pode ter um impacto ainda mais profundo no funcionamento e na biodiversidade das florestas tropicais.

Embora o declínio de diversos insetos seja impulsionado pelo aquecimento do planeta e a fatores biológicos, a perda de habitat devido à agricultura intensiva e o uso indiscriminado de pesticidas, avançam com os desastres em curso (SÁNCHEZ-BAYO; WYCKHUYS, 2019). A solução na visão dos autores é a substituição da agricultura convencional por métodos mais sustentáveis e baseados na agroecologia, diminuição do uso de agrotóxicos e recuperação de populações de insetos em declínio, para assim mantermos os serviços ecossistêmicos dos quais eles dependem para sobreviver. Para ser considerada uma produção agroecológica, Prediger e Ahlert (2019) mencionam que os produtos devem ter uma origem orgânica, com base em princípios agroecológicos, que inclui o uso consciente do solo, da água, do ar e dos demais recursos naturais.

Visando melhor compreensão das problemáticas mencionadas acima, foi realizado um estudo bibliométrico com o objetivo de mapear as principais tendências de pesquisas acerca do declínio das abelhas em todo o mundo, considerando as abelhas um importante agente polinizador.

2 Material e Métodos

No desenvolvimento da pesquisa, optou-se pela combinação das abordagens de mapeamento científico e análise de desempenho que são os dois procedimentos mais utilizados dentro da bibliometria (ANDRADE *et al.*, 2019; ARIA *et al.*, 2017; GUTIÉRREZ-SALCEDO *et al.*, 2018).

Para Andrade *et al.* (2019) trata-se de um método que possibilita acompanhar o progresso científico e histórico de um campo de pesquisa, bem como mapear o desenvolvimento de áreas do conhecimento, além de apontar as tendências que seguem um determinado assunto. Gutiérrez-Salcedo *et al.* (2018) complementam que esse tipo de pesquisa possibilita a quantificação da literatura acadêmica e suas mudanças ao longo do tempo, explicar a estrutura social, intelectual e conceitual por meio de redes bibliográficas e permitir examinar os desempenhos de países, co-citações ou coautores.

O trajeto metodológico da bibliometria é pautada em padrões de publicações científicas que ao serem analisadas em softwares de estatística, podem resultar em mapas, gráficos entre outras formas para possibilitar relações entre pesquisadores e uma determinada área do conhecimento (ANDRADE *et al.*, 2019). A etapa de recuperação dos dados, consistiu em uma busca no endereço eletrônico do portal de periódicos Capes, menu CAFe, base de dados *Web of Science* (WoS). Essa escolha foi feita levando em consideração a abrangência dessa base, que, assim como mencionado por Andrade *et al.* (2019), é uma das mais completas em termos de publicações e permite uma análise estatística no próprio website da plataforma.

Na ferramenta de busca avançada do WoS, campo

“tópicos”, foram digitados os seguintes descritores: *bee and death or extinction and Bees or decline and bee* com uso de operadores booleanos *or* e *and*. Ambos os descritores combinados, resultaram em 2.374 publicações nos 20 anos - 2003 a 2022, sem considerar o ano 2023 por não ter sido concluído na data do levantamento.

O tratamento dos dados coletados ocorreu com o apoio dos *software Vosviewer* e *Google sheets*, semelhante ao procedimento adotado por Andrade *et al.* (2019) e Gutiérrez-Salcedo *et al.* (2018), primeiro com o mapeamento científico e segundo com a análise da performance acadêmica. Na visão de Gutiérrez-Salcedo *et al.* (2018), o *Vosviewer* permite criar redes de conexão e gerar layouts de resoluções mais didáticas para a análise e extrai uma grande variedade de dados, como redes de coautoria, acoplamento bibliográfico e redes de co-citação.

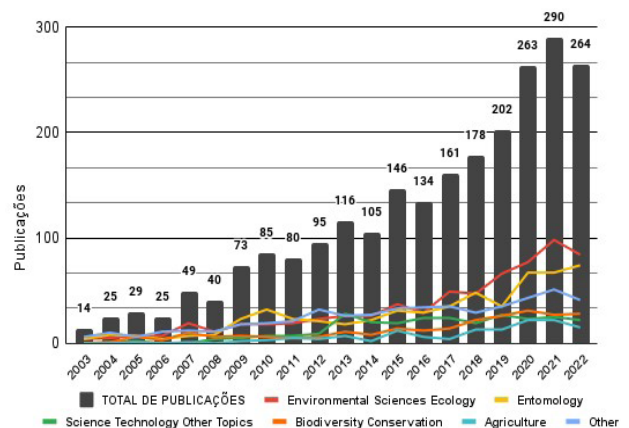
3 Resultados e Discussão

3.1 Mapeamento dos países e áreas de pesquisa mais influentes

Dos 2.374 trabalhos publicados nos últimos 20 anos, 684 (28%) têm os EUA como protagonistas em relação às pesquisas que envolvem o declínio das abelhas no mundo. Em segundo lugar, aparece a Alemanha e o Brasil tecnicamente empatados com 10%, respectivamente 239 e 238 dos trabalhos publicados. As principais instituições que mais publicam os resultados das pesquisas também pertencem em parte a esses países, como a United States Department of Agriculture - USDA, que desponta nas pesquisas com 120 ocorrências (5%), e a University of California System com 70 publicações. Em terceiro lugar, está a Universidade de São Paulo com 67 trabalhos.

Os artigos foram publicados em 156 áreas do conhecimento. A Figura 1 demonstra a relação entre o número total de publicações por ano e o movimento da linha de crescimento correspondente às principais áreas de pesquisa da WOS, ao longo dos últimos 20 anos.

Figura 1 - Principais áreas de pesquisa - WOS



Fonte: dados da pesquisa.

Ciências ambientais e ecologia são as áreas de pesquisa em que mais trabalhos foram publicados, com 670 artigos científicos, o que representa 28% de todos os 2.374 levantados neste estudo. A *entomologia* é a segunda área em número de publicações, com 563, nos últimos 20 anos. *Ciência e tecnologia* em terceiro, com 266; *conservação da biodiversidade* com 243 e a área da *agricultura* com 132 publicações. Juntas, essas cinco correspondem a praticamente 80% de todas as áreas de pesquisa dos artigos recuperados na WoS.

O gráfico indica uma tendência de aumento nas publicações entre 2016 e 2021, que pode estar associada à preocupação dos cientistas com o declínio global de insetos. Conforme destacado por Sánchez-Bayo e Wyckhuys (2019) há evidências crescentes de que a diminuição populacional

de insetos está ocorrendo em muitos países e regiões do mundo e as taxas de declínio observadas nos últimos anos são preocupantes. Esse período pode indicar um dos momentos de maior redução da população de insetos no planeta.

3.2 Levantamento das revistas mais influentes

Analisou-se os 10 dos 844 periódicos mais populares entre os pesquisadores que publicam artigos sobre o declínio das abelhas. Estas 10 revistas mais influentes receberam 493 trabalhos nos últimos 20 anos, o que corresponde a 21% do total de publicações sobre o tema. O Quadro 1 foi elaborada para demonstrar a influência dos periódicos com base nos relatórios de citação na plataforma WoS, fornecendo três informações importantes: 1. Ranking, 2. Número de citações e 3. Índice-H.

Quadro 1 - Revistas mais influentes

Rank	Journal	NP*	NC**	h-index	2021- IF***
1	Plos One	119	6940	45	3752
2	Apidologie	61	2800	28	2722
3	Insects	57	625	15	3141
4	Journal of Apicultural Research	52	981	12	2407
5	Scientific Reports	51	175	22	4997
6	Agriculture Ecosystems Environment	35	1449	21	6576
7	Journal of Insect Conservation	33	707	15	2626
8	Journal of Applied Ecology	30	2854	22	6869
9	Science of the Total Environment	28	634	14	10754
10	Biological Conservation	27	2872	17	7499

*Número de publicações **Número de citações *** Fator de impacto da revista no ano 2021.

Fonte: baseado em Web of Science (2023).

A classificação considera o número de publicações, ou seja, quanto maior o número de publicações, melhor o ranqueamento. O número de citações indica o total de referências citadas, composto pelo total de artigos citados, incluindo autocitações.

O índice H considera tanto o número de artigos publicados quanto o número de citações recebidas por esses artigos (GUTIÉRREZ-SALCEDO *et al.*, 2018). Dessa forma, a revista *Plos One* teve índice-H 45, pois pelo menos 45 artigos foram citados no mínimo 45 vezes. A revista *Apidologie* tem índice-H 28, e, a revista *Journal of Applied Ecology* apesar de ser a 8ª na tabela 1, ficou com índice-H 22, o mesmo índice da revista *Scientific Reports*.

Quanto ao fator de impacto das revistas, o *Journal Impact Factor* (JIF), que é uma medida bibliométrica publicada anualmente pela *Clarivate Analytics* e avalia a importância relativa de uma revista científica, foi considerado a última avaliação feita em 2021 e disponibilizada no WoS. A revista *Science of the Total Environment* tem JIF 10754, seguida pela

Biological Conservation, que recebeu o artigo mais citado dos 2.374 recuperados neste estudo.

3.3 Artigos e autores mais influentes

Conforme menciona Aria *et al.* (2017), a análise de citações em estudos bibliométricos pode indicar a qualidade de um artigo, periódico e rede de colaboração, bem como sua relevância para um determinado campo de estudo. Alerta Andrade *et al.* (2019), que quando um artigo é frequentemente citado, pode indicar uma contribuição significativa para o conhecimento científico em uma área específica, o que torna a análise bibliométrica de citação e cocitação uma maneira eficaz de avaliar a importância das publicações dentro de uma comunidade científica e sua influência sobre pesquisas futuras. Os 10 artigos mais citados estão listados no Quadro 2 e podem ser considerados os mais influentes, juntamente com seus respectivos autores. O número de citações (NC) é usado para classificá-los na coluna "Rank".

Quadro 2 - Artigos e autores mais influentes

Rank	Authors	Article Title	Countries	Year	NC
1	Sanchez-B. F.;Wyckhuys, K.	Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers	England	2019	1270
2	Cameron, S. A. et al.	Patterns of widespread decline in North American bumble bees	Usa	2011	1012

Rank	Authors	Article Title	Countries	Year	NC
3	Kremen, C.	Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology?	England	2005	857
4	Memcott, J. et al.	Tolerance of pollination networks to species extinctions	England	2004	775
5	Ricketts, T. H. et al.	Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?	Usa	2008	762
6	Goulson, D. et al.	Decline and conservation of bumble bees	Usa	2008	744
7	Winfree, R. et al.	A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance	Usa	2009	656
8	Rundlof, M. et al.	Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees	Germany	2015	655
9	Higes, M. et al.	How natural infection by <i>Nosema ceranae</i> causes honeybee colony collapse	Usa	2008	523
10	Genersch, E. et al.	The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies	France	2010	486

Fonte: baseado em Web of Science (2023).

Todas as publicações apresentadas no Quadro 2 alertam sobre a ameaça à biodiversidade de insetos e população de polinizadores em todo o Planeta Terra, apesar das contradições sobre a relação causa e efeito desse fenômeno. Sanchez e Wyckhuys (2019) e Winfree *et al.* (2009) utilizaram a meta-análise para identificar o colapso dos insetos e destacam a perda de habitat devido à agricultura intensiva e urbanização como um fator chave. Todavia os autores alertam que as descobertas de estudos publicados sobre o tema ainda não foram sintetizadas quantitativamente, e que é necessário avaliar até que ponto as pesquisas já publicadas, representam a situação dos ecossistemas globais e concluem que não há consenso claro sobre a influência para o declínio das abelhas em uma escala mundial.

Algumas evidências foram sinalizadas nas pesquisas sobre rede de polinização, conforme mostram os artigos *Tolerance of pollination networks to species extinctions* e *Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?* 4º e 5º no ranking dos mais citados. Ambos destacam a necessidade de conservação de polinizadores e dos serviços de polinização para a manutenção da biodiversidade e da produtividade agrícola. Ao menos em seu estudo, Memcott *et al.* (2004) descrevem que a diversidade de espécies de plantas diminuiu mais rapidamente com a remoção dos seus polinizadores mais ligados, mas não resultou em declínios catastróficos na diversidade de espécies de plantas. Na mesma linha, Ricketts *et al.* (2008) descobriram fortes declínios tanto na riqueza de polinizadores quanto na taxa de visitação nativa à medida que o habitat natural se distancia das culturas visitadas pelos agentes polinizadores, reduzindo o conjunto de frutos e sementes - variáveis que afetam diretamente os rendimentos. Concluem que as grandes áreas agricultáveis distantes dos habitats das abelhas, reduz a taxa de visitação e compromete a qualidade ou a estabilidade das colheitas globais.

Goulson *et al.* (2008) demonstraram que ao longo dos últimos 60 anos a perda de habitat e a intensificação agrícola são as principais causas do declínio das espécies de abelhas, especialmente na Europa. Todavia destacam que fatores biológicos também são reconhecidos pela comunidade científica como importantes na compreensão da problemática.

Descobriram em pesquisas que a introdução acidental nos EUA de um parasita nativo da Europa, que veio junto com o comércio global de colônias usadas para polinização de cultivos em estufa, contribuiu para a redução de algumas espécies de abelhas do gênero *Bombu*, desde a década de 1990.

Em um projeto multidisciplinar, com duração de três anos, Cameron *et al.* (2011) analisaram um banco de dados com mais de 73.000 registros de museus, com o objetivo de compará-los aos dados obtidos em levantamentos de 16.000 espécimes. Destacam que quatro espécies de abelhas apresentaram uma diminuição de até 96% em suas populações, enquanto suas áreas geográficas pesquisadas também sofreram reduções significativas, variando de 23% a 87%, especialmente nos últimos 20 anos. Não obstante, as populações em declínio demonstraram níveis significativamente mais altos de infecção pelo patógeno microsporídio *Nosema bombi*, além de uma menor diversidade genética em comparação com as populações coexistentes de espécies não afetadas pelo declínio. Concluíram que a alta prevalência de patógenos e a reduzida diversidade genética são fatores realistas que contribuem para esses padrões alarmantes de declínio das abelhas, ao menos na América do Norte.

No artigo *How natural infection by Nosema ceranae causes honeybee colony collapse*, o 9º mais citado, Higes *et al.* (2008) investigaram o desaparecimento de colônias fortes de abelhas *Apis mellifera* e notaram uma correlação direta entre a infecção por *Nosema ceranae* e o colapso súbito da espécie. O texto corrobora com Goulson *et al.* (2008) e Cameron *et al.* (2011), que também enfatizaram a importância de fatores biológicos no declínio das abelhas, embora esses fatores ainda estejam em estudo para compreender suas causas.

A teoria mais aceita é de que as ações humanas podem estar causando os desequilíbrios nos ecossistemas, tanto que são amplamente apontadas em grande parte dos 73 relatórios, segundo Sánchez-Bayo e Wyckhuys (2019). O uso de pesticidas em sistemas convencionais de produção agrícola é considerado um dos principais fatores desse desequilíbrio. Em relação a esse assunto, Rundlof, *et al.* (2015) demonstraram que o uso de inseticidas à base de neonicotinóides em sementes

de *Colza oleaginosa* é absorvido pelas plantas, o que pode reduzir a densidade, nidificação e reprodução de abelhas em condições de campo, implicando em riscos para as espécies selvagens em paisagens agrícolas na Europa.

Um outro estudo na Europa, realizado por Hallmann *et al.* (2017) ao longo de 27 anos, em 63 áreas de proteção natural na Alemanha revelou que houve um declínio sazonal de 76% e um declínio no meio do verão de 82% na biomassa de insetos voadores ao longo de quase três décadas. De acordo com Sánchez-Bayo e Wyckhuys (2019), a perda média anual de biomassa de insetos nesse caso específico é de 2,8% em habitats com níveis baixos de perturbação humana, o que pode não ser detectável ou considerado estatisticamente não significativo se as medições forem feitas em períodos de tempo mais curtos.

Nos relatórios analisados por Sánchez-Bayo e Wyckhuys (2019), os argumentos indicam que a intensificação agrícola é apontada como a principal responsável pelo declínio populacional em táxons diversos, como pássaros, mamíferos insetívoros e insetos. Em paisagens rurais ao redor do mundo, a eliminação constante de elementos naturais do habitat, bem como a destruição de sistemas de drenagem naturais e outras características da paisagem, combinados ao uso frequente de pesticidas e fertilizantes químicos afetam negativamente a biodiversidade de maneira geral. Os pesquisadores concluem defendendo a necessidade de mudanças nas práticas agrícolas atuais, especialmente na redução do uso de pesticidas e na adoção de práticas sustentáveis para reverter o declínio populacional de insetos e proteger os serviços ecossistêmicos cruciais que eles fornecem.

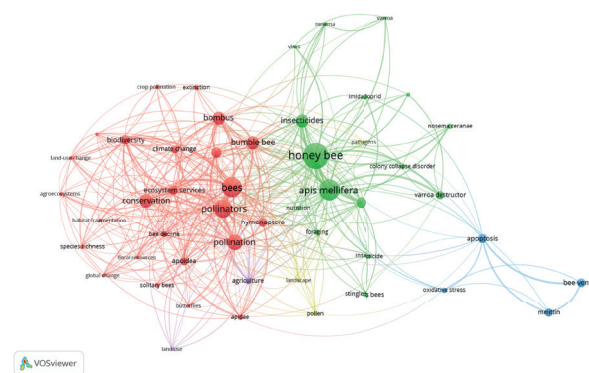
3.4 Ocorrência de palavras-chave dos autores

Um método utilizado na bibliometria é a análise da ocorrência de palavras-chave de autor, usadas para buscar informações relevantes sobre as tendências de pesquisa sobre um tema ou grandes áreas com conhecimento (ANDRADE *et al.*, 2019). Em um estudo de Chiu e Ho (2007) foi possível analisar a frequência de ocorrências de palavras-chave relacionadas ao tema tsunamis. Na ocasião houve uma relação linear com alto coeficiente de determinação quando uma palavra-chave foi usada de 1 a 7 vezes dentro das publicações analisadas.

Na Figura 2, observa-se o mapa de rede criado para identificar as palavras-chave que ocorreram nos 2.374 artigos recuperados sobre o tema do declínio das abelhas. Por meio do software *Vosviewer*, encontrou-se um total de 5.924 keywords após a correção de palavras correlatas, sinônimas ou com erros de digitação. Esse número foi reduzido para 106 palavras-chave ao aplicar um filtro de ocorrência mínima de 10 vezes entre os artigos recuperados (ANDRADE *et al.*, 2019). Para cada uma dessas 106 palavras-chave, o software calculou a força de ligação dos links “total link strength”, que considera tanto a frequência de ocorrência das palavras-chave

quanto a força das associações entre elas.

Figura 2 - Principais palavras chaves por autor



Fonte: os autores.

O mapa com as 50 palavras-chave mais citadas gerou um total de 5 clusters. O primeiro, com 26 keywords, representado pela cor vermelha, destacam-se as palavras *bees*, *pollinators*, *pollination* e *conservation*, com 175, 158, 126 e 99 ocorrências, respectivamente. No Cluster 2, cor verde, encontram-se as 16 palavras que mais co-ocorreram dentro desse grupo e destaque para *honey bee*; *apis mellifera*; *insecticides* e *neonicotinoids*: 261, 191, 95 e 71, respectivamente. O Cluster 3, identificado em azul, abriga 4 palavras-chave com pouca ocorrência, resultando em uma maior distância em relação às demais no mapa. Já nos Clusters 4 e 5, indicados em amarelo e violeta, respectivamente, há um menor número de palavras-chave, evidenciando uma menor correlação com os demais grupos.

Os clusters 1, 2 e 3, portanto, são bem definidos e sugerem a existência de grupos ou linhas de estudos específicas. No cluster em vermelho, as palavras mais próximas e as linhas mais espessas indicam uma forte relação entre elas. O destaque dessas *keywords* possibilita relacionar as temáticas de estudos que reconhecem as abelhas como polinizadores essenciais, promovem a biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Alinhados a essa perspectiva, podem tratar de estudos que investigam o declínio dos polinizadores devido a uma série de ameaças, como mudanças climáticas, extinção, fragmentação de habitats, alterações no uso da terra e perda de habitat.

O cluster verde destaca as palavras-chaves que podem indicar as tendências de pesquisas como as apresentadas por Rundlof *et al.* (2015); Higes *et al.* (2008) e Hallmann *et al.* (2017). Ou seja, um grupo de pesquisas que reconhecem o colapso das colônias de abelhas à fatores biológicos como a infestação por patógenos, vírus, bactérias, bem como o uso de inseticidas, incluindo os neonicotinoides como o imidacloprid que são fatores que impactam as abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as abelhas sem ferrão (stingless bees), comprometendo a polinização e a biodiversidade.

4 Conclusão

As pesquisas sobre o declínio das abelhas estão focadas em diferentes aspectos. Primeiro: observa-se que

as ações antrópicas, como o uso de pesticidas em sistemas convencionais de produção agrícola, são fatores primários no desequilíbrio dos ecossistemas. Segundo, que a infecção por patógenos, a reduzida diversidade genética e outros fatores biológicos também desempenham um papel significativo na diminuição das populações de abelhas.

Os resultados destacam o impacto negativo das atividades humanas e dos fatores biológicos no declínio dos agentes polinizadores, mas é necessário pesquisas para compreender os efeitos a nível global e ações para mitigar o declínio das abelhas e garantir a sustentabilidade dos ecossistemas.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal do Paraná - IFPR pela concessão do afastamento integral das atividades laborais, permitindo a dedicação ao programa de pós-graduação em Desenvolvimento Rural Sustentável da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Agradecimento à Rede Internacional de Pesquisa Resiliência Climática - RIPERC por proporcionar os estudos sobre a Emergência Climática.

Referências

ANDRADE, D.F. *et al.* Past and emerging topics related to electronic waste management: top countries, trends, and perspectives. *Environ. Scie. Poll. Res.*, v.26, n.17, p.17135-17151, 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-05089-y>.

ARIA, M. *et al.* Bibliometrix: an r-tool for comprehensive science mapping analysis. *J. Inform.*, v.11, n.4, p.959-975, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.

CAMERON, S. A. *et al.* Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proc. Nat. Acad. Scie.*, v.108, n.2, p.662-667, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1014743108>.

CARNIATTO, I. Subsídios para um processo de gestão de recursos hídricos e educação ambiental nas sub-bacias Xaxim e Santa Rosa, Bacia Hidrográfica Paraná III. Curitiba: UFPR, 2007.

CHIU, W. T.; HO, Y. S. Bibliometric analysis of tsunami research. *Scientometrics*, v.73, n.1, p.3-17, 2007. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-005-1523-1>.

GENERSCH, E. *et al.* The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie*, v.41, n.3, p.332-352, 2010. doi:

<http://dx.doi.org/10.1051/apido/2010014>.

GOULSON, D. *et al.* Decline and conservation of Bumble bees. *Ann. Rev. Entomol.*, v.53, n.1, p.191-208, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093454>.

GUTIÉRREZ-SALCEDO, M. *et al.* Some bibliometric procedures for analyzing and evaluating research fields. *Appl. Intellig.* 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10489-017-1105-y>.

HALLMANN, C.A. *et al.* More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *Plos One*, v.12, n.10, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>.

HIGES, M. *et al.* How natural infection by *Nosema ceranae* causes honeybee colony collapse. *Environ. Microb.*, v.10, n.10, p.2659-2669, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1462-2920.2008.01687.x>.

KREMEN, C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology?. *Ecol. Lett.*, v.8, n.5, p.468-479, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00751.x>.

LISTER, B.C.; GARCIA, A. Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. *Proc. Nat. Acad. Scie.*, v.115, n.44, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1722477115>.

MEMMOTT, J. *et al.* Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proc. Royal Soc. London. Series B: Biol. Scie.*, v.271, n.1557, p.2605-2611, 2004. doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2004.2909>.

PREDIGER, C.L.; AHLERT, A. Ética e educação ambiental: lugares privilegiados na apicultura. *Ensaio Ciênc.*, v.23, n.1, p.70, 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.17921/1415-6938.2019v23n1p70-78>.

RICKETTS, T.H. *et al.* Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?. *Ecol. Lett.*, v.11, n.5, p.499-515, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01157.x>.

RUNDLOF, M. *et al.* Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature*, [S.L.], v. 521, n. 7550, p. 77-80, 22 abr. 2015. Springer Science and Business Media LLC. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nature14420>.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K.A.G. Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biol. Conserv.*, v.232, p.8-27, 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.

WINFREE, R. *et al.* A meta-analysis of bees responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, v.90, n.8, p. 2068-2076, 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1890/08-1245.1>.