

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDA PROEN VAZ

POLINIZADORES EM PERIGO: ELUCIDANDO DESAFIOS ASSOCIADOS  
UTILIZANDO FERRAMENTAS BIBLIOMÉTRICAS

CURITIBA  
2024

FERNANDA PROEN VAZ

POLINIZADORES EM PERIGO: ELUCIDANDO DESAFIOS ASSOCIADOS  
UTILIZANDO FERRAMENTAS BIBLIOMÉTRICAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof Dr. Joatan Machado da Rosa.


CURITIBA  
2024

## TERMO DE APROVAÇÃO

FERNANDA PROEN VAZ

### POLINIZADORES EM PERIGO: ELUCIDANDO DESAFIOS ASSOCIADOS UTILIZANDO FERRAMENTAS BIBLIOMÉTRICAS

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheira  
Agrônoma ao Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca  
examinadora:



---

Prof. Dr. Joatan Machado da Rosa  
Orientador - Departamento de Patologia Básica, UFPR.  
Setor de Ciências Biológicas

---

Prof. Dra. Aline Pomari Fernandes  
Departamento de Patologia Básica, UFPR.  
Setor de Ciências Biológicas



---

Prof. Dra. Taciana Melissa de Azevedo Kuhn  
Departamento de Patologia Básica, UFPR.  
Setor de Ciências Biológicas

**Curitiba, 13 de dezembro de 2024.**

*Dedico este trabalho à memória do meu avô, Augusto Proen que, embora não esteja mais presente, permanece vivo em meu coração. Foi ele quem me incentivou desde a infância, ensinando-me a amar as plantas e mostrando, com seu exemplo, o valor do cuidado e da dedicação. Sua inspiração e apoio sempre foram fundamentais em minha jornada.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por guiar meu caminhar, sustentando-me e fortalecendo-me em todos os momentos.

À Universidade Federal do Paraná, por possibilitar minha formação por meio de um ensino público, gratuito e de qualidade.

Ao meu orientador Joatan Machado, que, além de ser um grande exemplo ao longo do curso, contribuiu significativamente para o meu crescimento, sempre com dedicação e suporte.

Aos amigos que estiveram comigo nesta jornada: João Gabriel, Beatriz, Ananda, Paula, Isabelle e Cecília. A amizade de vocês tornou essa caminhada muito mais especial. E, também, ao pequeno Ravi, por sua ternura e inocência, que trouxe mais alegria aos meus dias.

À Agrotis, por proporcionar minha primeira experiência profissional, especialmente ao time do Receituário e aos amigos que fiz, que tornam a rotina mais leve: Marli dos Santos, Sheila Barcik, Guilherme Moser, Franklin Almeida e Pedro Caitano.

Ao João Vitor, pelo companheirismo incondicional, pela paciência e por sempre acreditar em mim, principalmente nos momentos mais desafiadores da reta final da graduação.

À minha mãe, Andrea Proen, cuja força e amor inabaláveis foram meu alicerce. Obrigada por cada palavra de incentivo e por estar sempre ao meu lado, tornando possível a realização dos meus sonhos.

A todos vocês, meu sincero agradecimento por fazerem parte desta conquista.

## RESUMO

Polinizadores como borboletas, besouros, moscas, vespas e principalmente abelhas, desempenham papéis fundamentais ao fornecer serviços ecossistêmicos essenciais, como a manutenção da biodiversidade vegetal, polinização de culturas agrícolas e plantas silvestres. No entanto, o declínio global desses insetos tem gerado grande preocupação, pois pode levar a prejuízos significativos, como a redução na eficiência produtiva de cultivos agrícolas e a extinção de espécies vegetais. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo evidenciar a importância dos polinizadores e realizar uma análise bibliométrica detalhada para comparar estudos que investigam as possíveis causas desse declínio. Para tanto, foram utilizadas publicações indexadas na base de dados *Web of Science*, com análise de países, periódicos e palavras-chave mais relevantes nos últimos dez anos (2014–2024). Dentre os principais fatores relacionados à mortalidade dos polinizadores, três foram selecionados e analisados: perda de habitat, mudanças climáticas e o uso de agrotóxicos. A pesquisa foi conduzida com filtros temporais e combinações específicas de palavras-chave e os dados obtidos foram organizados e visualizados por meio da ferramenta *Power BI*. Os resultados obtidos na última década demonstraram um aumento repentino no número de pesquisas científicas em anos mais recentes, indicando maior interesse global, especialmente por parte de países de vanguarda científica, como Estados Unidos, Países Baixos e Inglaterra. Bem como o interesse na conservação destes agentes benéficos. No total, foram compiladas 1.112 publicações científicas. Os periódicos *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *Science of The Total Environment* e *Insects*, possuem maiores engajamentos em publicações relacionadas aos fatores que contribuem para o declínio de polinizadores. Em relação ao número de publicações, na última década, a temática “perda de habitat” foi vinculada a 405 publicações, enquanto “agrotóxicos x polinizadores” e “mudanças climáticas” foram mencionadas em 326 e 381 publicações, respectivamente. Os resultados obtidos norteiam os temas de maior demanda científica, e ambos reforçam a necessidade de estratégias integradas para mitigar os impactos aos polinizadores. Dentre as medidas estão: elaboração de políticas públicas voltadas para o combate do desmatamento, educação ambiental para conservação de habitats em regiões com baixo IDH e fomento às boas práticas agrícolas no ambiente rural. O uso de ferramentas bibliométricas se mostraram eficientes, otimizando a compilação de produções científicas relativas aos temas selecionados e possibilitando uma melhor visualização de temas para trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** Pesquisa científica. Polinização. Perda de habitat. Agrotóxicos. Mudança climática.

## ABSTRACT

Pollinators such as butterflies, beetles, flies, wasps, and especially bees play fundamental roles in providing essential ecosystem services, including the maintenance of plant biodiversity, pollination of agricultural crops, and wild plants. However, the global decline of these insects has raised significant concerns, as it can lead to substantial consequences, such as reduced productivity efficiency in agricultural crops and the extinction of plant species. In this context, this study aims to highlight the importance of pollinators and conduct a detailed bibliometric analysis to compare studies investigating the possible causes of this decline. To achieve this, publications indexed in the Web of Science database were analyzed, focusing on countries, journals, and the most relevant keywords over the past ten years (2014–2024). Among the main factors related to pollinator mortality, three were selected and analyzed: habitat loss, climate change, and pesticide use. The research was conducted using temporal filters and specific combinations of keywords, and the data obtained was organized and visualized using the Power BI tool. The results over the past decade showed a sudden increase in the number of scientific studies in recent years, indicating greater global interest, especially from leading scientific countries such as the United States, the Netherlands, and England, as well as growing interest in the conservation of these beneficial agents. In total, 1,112 scientific publications were compiled. The journals *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *Science of The Total Environment*, and *Insects* showed the highest engagement in publications related to factors contributing to pollinator decline. Regarding the number of publications, over the past decade, the topic of "habitat loss" was associated with 405 publications, while "pesticides x pollinators" and "climate change" were mentioned in 326 and 381 publications, respectively. The results guide the most scientifically demanding topics and emphasize the need for integrated strategies to mitigate impacts on pollinators. These measures include the development of public policies to combat deforestation, environmental education to conserve habitats in regions with low HDI, and the promotion of good agricultural practices in rural areas. The use of bibliometric tools proved to be efficient, optimizing the compilation of scientific outputs related to the selected topics and enabling better visualization of themes for future research.

**Keywords:** Scientific research, Pollination, Habitat loss, Pesticides, Climate change.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 Objetivo geral	10
1.1.2 Objetivos específicos	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
1.3 METODOLOGIA	12
1.3.1 Escolha da base de dados	12
1.3.2 Definição de palavras-chave	12
1.3.3 Filtros e critérios	14
1.3.4 Análise bibliométrica	14
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>14</b>
2.1 IMPORTÂNCIA DOS POLINIZADORES	14
2.2 PERDA DE HABITAT	16
2.3 USO DE AGROTÓXICOS	17
2.4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS	18
<b>3 RESULTADOS</b>	<b>19</b>
3.1 Proporção de artigos e respectivos temas	19
3.2 Desempenho das Publicações Científicas	20
3.3 Análise de palavras-chave	21
3.4 Análise bibliométrica sobre a perda de habitat dos polinizadores	22
3.5 Desempenho do número de publicações por ano	23
3.6 Produção científica por país	24
3.7 Distribuição das publicações por periódicos	26
3.8 Análise bibliométrica sobre agrotóxicos e polinizadores	27
3.9 Desempenho do número de publicações por ano	29
3.10 Produção científica por país	29
3.11 Distribuição das Publicações por Periódicos	31
3.12 Análise bibliométrica sobre mudanças climáticas e polinizadores	32
3.13 Desempenho do número de publicações por ano	33
3.14 Produção científica por país	34
3.15 Distribuição das Publicações por Periódicos	36
<b>4 DISCUSSÃO</b>	<b>38</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>39</b>
<b>6 REFERÊNCIAS</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015 como parte da Agenda 2030, um plano global para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir prosperidade a todos. A ONU definiu 17 objetivos e 169 metas que abordam desafios interconectados, como mudanças climáticas, desigualdade social, fome zero e agricultura sustentável, enfatizando a necessidade de ações integradas e cooperação internacional. No Brasil, a implementação dos ODS tem sido conduzida em alinhamento com as diretrizes da ONU, promovendo esforços multissetoriais para integrar as metas globais às políticas públicas nacionais e às realidades locais.

Esse cenário exige soluções urgentes, principalmente diante das limitações dos métodos agrícolas predominantes, como o uso intensivo de monoculturas e a aplicação exacerbada de agrotóxicos (Knauer *et al.*, 2022; Wintermantel *et al.*, 2022). Estas práticas, além de contribuírem para a degradação ambiental, enfrentam desafios impostos pelas mudanças climáticas, ameaçando a sustentabilidade agrícola (Bencharki *et al.*, 2024; Infante, 2023).

A polinização, um serviço ecossistêmico essencial, desempenha papel vital na produção de alimentos e possui valor econômico substancial. Estudos recentes evidenciam como os polinizadores contribuem diretamente para o sucesso das culturas agrícolas, como nos exemplos a seguir: segundo Lyu *et al.*, (2024) a polinização aumenta significativamente o tamanho do fruto das macieiras; eleva o número de sementes em brócolis (Bhat *et al.*, 2024); promove maior frutificação no caqui devido ao aumento da deposição de pólen (Kamo *et al.*, 2022); o forrageamento dos polinizadores melhora a deposição de pólen no estigma das flores, beneficiando a fertilidade de culturas como a colza, a terceira maior fonte de óleo vegetal e a segunda maior fonte de farinha proteica no mundo (Chang *et al.*, 2023).

Dada a importância dos polinizadores, sua preservação é indispensável, sobretudo diante das evidências que apontam para o declínio acentuado dessas populações (Potts *et al.*, 2010). Esse declínio é provocado por uma combinação de fatores, como perda de habitat, uso de agrotóxicos e mudanças climáticas. A perda de habitat, pode ser impulsionada pelo desmatamento, expansão agrícola e urbanização, que resultam na redução da diversidade floral e dificultam a busca dos

polinizadores por locais adequados para nidificação e construção de ninhos (Balvino-Olvera *et al.*, 2023; Rosa *Et al.*, 2019; Tommasi *et al.*, 2021). Além disso, o uso constante de agrotóxicos representa uma ameaça significativa, não apenas por causar intoxicações diretas em polinizadores que afetam sua capacidade locomotora (Strang *et al.*, 2023), mas também pela presença de resíduos químicos no pólen e néctar, que prejudicam sua saúde a longo prazo (Kaila *et al.*, 2023a). Outro fator crítico são as mudanças climáticas, que impactam os polinizadores ao alterar os ciclos fenológicos das plantas, onde estas alterações podem reduzir a disponibilidade de recursos florais e limitar o período em que alimentos essenciais fiquem acessíveis para os insetos (Thuma *et al.*, 2023).

Para aprofundar o conhecimento sobre temas complexos como a polinização e sua importância podem ser utilizadas ferramentas de compreensão sobre o estado da arte do assunto. A análise bibliométrica é uma técnica analítica utilizada para mapear a literatura existente em torno de um tema de pesquisa específico, sendo uma ferramenta eficaz para identificar tendências (Ahmed *et al.*, 2023). Essa abordagem fornece análises abrangentes que permitem uma retrospectiva da pesquisa, a identificação de lacunas no conhecimento e a avaliação de publicações sob diferentes perspectivas, tanto quantitativas quanto qualitativas (Zhang; Liu; Zhang, 2023). Além disso, a análise bibliométrica auxilia os pesquisadores a explorar a literatura relevante em um campo específico e a avaliar o impacto acadêmico de periódicos e os países que possuem maior influência na produção científica (Zhai *et al.*, 2024).

Por ser uma temática multidisciplinar e com muitos fatores envolvidos, o desaparecimento de polinizadores, suas causas e efeitos, podem ser melhor compreendidos com auxílio de análises bibliométricas com intuito de agrupar, organizar e detalhar informações sobre o assunto.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar os principais fatores responsáveis pelo declínio dos polinizadores a partir de uma abordagem bibliométrica, com o intuito de compreender como as

pesquisas têm abordado essa problemática e destacar a importância de mitigar os impactos ambientais relacionados.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar as principais causas do declínio dos polinizadores relatados em publicações científicas.
- Selecionar os três principais fatores citados e realizar uma análise bibliométrica das publicações científicas utilizando a base de dados *Web of Science*.
- Examinar as tendências e lacunas na pesquisa científica sobre declínio dos polinizadores entre os anos de 2014 a 2024
- Mapear os países e periódicos mais influentes na produção científica sobre o declínio dos polinizadores, bem como as palavras-chave que norteiam o tema.
- Contribuir para a conscientização sobre a relevância da preservação dos polinizadores para a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O declínio global dos polinizadores representa um dos maiores desafios ambientais e agrícolas da atualidade, tendo impactos diretos na segurança alimentar, na conservação da biodiversidade e na economia. Conforme Beringer, Maciel e Tramontina (2019), estima-se que cerca de 70% das culturas alimentares dependem, em algum grau, da polinização por insetos, o que evidencia a importância desses organismos para a produção agrícola sustentável. No entanto, segundo os autores, fatores como a perda de habitat, o uso excessivo de agrotóxicos e as mudanças climáticas têm contribuído significativamente para a redução das populações de polinizadores em todo o mundo.

Apesar da crescente preocupação científica sobre esta questão, ainda existem dúvidas sobre a compreensão das principais causas do declínio e das estratégias de mitigação. Neste contexto, este trabalho justifica-se pela necessidade de uma análise sistemática da produção científica sobre o tema, com o objetivo de compreender como a comunidade acadêmica tem abordado essa problemática,

quais são os países e periódicos mais influentes e quais tendências que surgiram nesta área.

Ao mapear os fatores críticos para o declínio dos polinizadores que orientam a pesquisa, este estudo busca contribuir para a conscientização sobre a preservação desses organismos essenciais, bem como para apoiar futuras políticas públicas e práticas agrícolas mais sustentáveis. Assim, este tema possui relevância científica, ambiental e social, reforçando sua pertinência como objeto de investigação acadêmica.

### 1.3 METODOLOGIA

Com o intuito de analisar a relação entre os fatores responsáveis pelo declínio dos polinizadores, este trabalho utilizou uma metodologia que pudesse garantir a consistência e a qualidade das informações coletadas e analisadas, com foco em análise bibliométrica. As etapas principais foram: (1) escolha da base de dados científicos de alta qualidade, impacto e confiáveis, (2) definição de palavras-chave relevantes, (3) aplicação de filtros e critérios de seleção e (4) análise bibliométrica com indicadores como número de publicações, periódicos, países e conexões entre os temas estudados.

#### 1.3.1 Escolha da base de dados

A análise foi composta exclusivamente por artigos da base de dados *Web of Science (WoS)*, reconhecida por sua abrangência multidisciplinar e pela indexação de publicações científicas de alta qualidade e impacto (Singh *et al.*, 2021). Essa plataforma foi escolhida por garantir informações confiáveis e relevantes para a identificação de estudos relacionados ao declínio dos polinizadores e suas causas.

#### 1.3.2 Definição de palavras-chave

Numa análise inicial, foram utilizados termos relacionados à polinização, produção, declínio ou redução de populações de abelhas, como "*pollinators OR pollinating AND effectiveness OR production*" e "*honey bee AND decline OR reduction*", resultando em milhares de artigos relacionados. Com base nesses

dados, os três fatores mais citados na literatura foram novamente analisados e refinados, utilizando combinações específicas para selecionar e explorar esses temas de maneira mais aprofundada.

Após identificar temas, novas palavras-chave foram analisadas para aprofundar o entendimento de cada uma das temáticas. As buscas foram realizadas por meio de combinações específicas, possibilitando a seleção e análise de três fatores principais: perda de habitat, uso de agrotóxicos e mudanças climáticas. As *strings* de pesquisa foram elaboradas da seguinte forma:

1. Perda de habitat: (*"pollinat\* biodiversity" OR "pollinat\* decline" OR "bee populations" OR "pollination services" OR "insect biodiversity"*) AND (*"habitat loss" OR deforestation OR "land-use change" OR "forest degradation" OR "habitat fragmentation" OR "agricultural expansion" OR urbanization*)
2. Agrotóxicos: (*"pollinat\* biodiversity" OR "pollinat\* decline" OR "bee populations" OR "pollination services" OR "insect biodiversity"*) AND (*"pesticid\* toxicity" OR "insecticid\* effects" OR "agrochemical exposure" OR "sublethal effects" OR "herbicid\*" OR "fungicid\*" OR "insecticid\*"*)
3. Mudanças climáticas: (*"pollinat\* biodiversity" OR "pollinat\* decline" OR "bee populations" OR "pollination services" OR "insect biodiversity"*) AND (*"climate change" OR "global warming" OR "temperature variation" OR "air pollution" OR "chemical pollution" OR "light pollution"*)

De acordo com o Guia do Portal de Periódicos da CAPES (2019), o uso do truncamento, representado pelo símbolo (\*), é uma estratégia eficiente para ampliar buscas bibliográficas, permitindo recuperar variações de palavras com a mesma raiz lexical. Além disso, o uso de aspas ("") direciona a base de dados a buscar a sequência exata dos termos, em vez de tratar cada palavra individualmente, o que garante maior precisão e abrangência nos resultados obtidos.

Os operadores booleanos “AND” e “OR” foram usados para refinar e ampliar os resultados, permitindo maior precisão e abrangência nas buscas (Picalho *et al.*,

2022). Essa estratégia garantiu que as publicações identificadas fossem pertinentes e contribuíssem para a fundamentação teórica.

### 1.3.3 Filtros e critérios

Os filtros aplicados incluíram a busca em "All fields", abrangendo diferentes tipos de documentos relacionados ao tema. Além disso, restringiu-se o período de análise às publicações realizadas entre 2014 e 2024, garantindo a atualidade das informações.

### 1.3.4 Análise bibliométrica

Após o *download* dos dados em formato de arquivo *.xlsx*, foi realizada uma análise bibliométrica utilizando a ferramenta *Power BI*. Os dados foram organizados e visualizados por meio de gráficos e relatórios que facilitaram a identificação de padrões, tendências e relações entre os fatores analisados, incluindo o número de publicações, países e periódicos mais influentes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 IMPORTÂNCIA DOS POLINIZADORES

Os polinizadores são organismos fundamentais para a transferência de pólen das partes reprodutivas masculinas (anteras) para as femininas (estigma) das flores, promovendo a fertilização e, conseqüentemente, a formação de frutos e sementes (Witter *et al.*, 2014). Esse processo, denominado polinização, é essencial para a reprodução de muitas plantas, incluindo diversas espécies de grande importância agrícola. A polinização pode ocorrer de forma abiótica, por meio do vento e da água, ou de forma biótica, realizada por animais como aves, mamíferos e insetos (Beringer *et al.*, 2019). Entre os polinizadores, as abelhas se destacam por sua busca constante por alimento e abrigo para a construção de ninhos (Michener, 2000).

Segundo Giannini *et al.*, (2015), a interação entre plantas e abelhas é vital para a manutenção da biodiversidade, qualidade dos frutos e da produtividade, além

de influenciar diretamente a economia. As abelhas, como grupo mais abundante de polinizadores, são essenciais para a agricultura, visitando mais de 90% dos 107 principais cultivos agrícolas já analisados globalmente (Klein *et al.*, 2007). O valor global dos serviços ecossistêmicos de polinização é estimado entre US\$235 bilhões e US\$577 bilhões, segundo a Plataforma Intergovernamental de Política Científica sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos - IPBES (2016).

No Brasil, conforme o Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos, o serviço ecossistêmico de polinização contribuiu com cerca de R\$43 bilhões para a produção de alimentos em 2018, em culturas como soja, café, laranja e maçã. O açaí também se destaca como uma cultura altamente dependente de polinizadores, sendo uma das mais lucrativas do país devido à sua crescente popularidade no mercado interno e externo (Giannini *et al.*, 2020), garantindo segurança alimentar e geração de renda para comunidades rurais na Amazônia (Borges *et al.*, 2020; Brondízio, 2008).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a safra brasileira de soja de 2023/2024 alcançou 147,38 milhões de toneladas. Além de ser uma importante fonte de proteínas para a população mundial, essa leguminosa, que minimamente beneficiada pela polinização, é amplamente utilizada na alimentação animal (Marques *et al.*, 2024). De forma semelhante, plantas forrageiras como trevo e alfafa, cuja produção também está associada à polinização, são essenciais para a alimentação do gado (Devkota *et al.*, 2024). A redução na disponibilidade destas plantas pode ocasionar aumento dos preços e a diminuição da oferta de proteínas de origem animal (IPBES, 2016).

Além dos serviços de polinização para a produção de safras, outras atividades ecossistêmicas, como a apicultura, têm papel relevante na redução da pobreza em países em desenvolvimento, oferecendo uma fonte adicional de renda (Devkota *et al.*, 2022). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Censo Agropecuário de 2017 identificou mais de 100 mil apicultores no Brasil, predominando nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Em 2023, o valor da produção do mel no país foi de R\$908,084 milhões. Ainda, os Resultados do Comércio Exterior Brasileiro (COMEX) indicam que, em 2022, o Brasil produziu 60.966,31 toneladas de mel, das quais 36.885,91 toneladas (60,5%) foram exportadas.

Apesar da relevância dos serviços ecossistêmicos proporcionados pelos polinizadores, estes enfrentam sérios riscos de extinção devido a fatores associados às atividades humanas, como a perda de habitat, uso excessivo de agrotóxicos e as mudanças climáticas (Beringer *et al.*, 2019).

## 2.2 PERDA DE HABITAT

Com o crescimento populacional exponencial, a demanda global por alimentos tem aumentado significativamente (Farmery *et al.*, 2021). Os ecossistemas estão sofrendo transformações aceleradas devido ao desmatamento e à ampliação das áreas agrícolas, que resultam na degradação e fragmentação de habitats naturais (Barbosa *et al.*, 2022). Além disso, a expansão de edificações urbanas agrava o cenário, tornando as paisagens homogêneas, degradadas e insuficientes em recursos para a biodiversidade (Rosa *et al.*, 2017).

De acordo com o Relatório Anual do Desmatamento (RAD) do MapBiomas, em 2023, o Brasil perdeu cerca de 8.558.237 hectares de vegetação nativa, principalmente devido à expansão agrícola. Essa redução de áreas naturais intensifica a perda e a fragmentação de habitats, o que afeta diretamente as populações de insetos, dificultando o acesso a locais adequados para nidificação e a recursos florais essenciais, que precisam estar em proximidade para atender às suas demandas fisiológicas e ecológicas (Kline e Joshi, 2020).

A perda e a fragmentação de habitat, causadas principalmente pelas mudanças no uso da terra, são apontadas como os fatores mais relevantes que impulsionam o declínio dos polinizadores, reduzindo a resiliência das populações e comprometendo serviços ecossistêmicos vitais, como a polinização agrícola e natural (Lima, 2012). Esse cenário não apenas ameaça a biodiversidade, mas também tem implicações econômicas, considerando que cultivos dependentes de polinizadores, como frutas e oleaginosas, podem sofrer perdas significativas de produtividade (Nath; Singh; Mukherjee, 2022).

Para minimizar esses impactos, a legislação brasileira exige que os agricultores preservem uma parte das terras agrícolas como Reserva Legal conforme disposto no art. 12 da Lei nº 12.651/2012 (Brasil, 2012), contribuindo para a conservação de habitats naturais e para a manutenção de corredores ecológicos. Essas áreas desempenham um papel fundamental na conectividade entre

fragmentos, auxiliando na preservação da biodiversidade e na mitigação dos efeitos da fragmentação (Alves, 2011).

### 2.3 USO DE AGROTÓXICOS

Em 1962, Rachel Carson publicou "Primavera Silenciosa", uma obra considerada um marco na conscientização ambiental. O livro trouxe o primeiro alerta global sobre os efeitos prejudiciais do uso indiscriminado de agrotóxicos na agricultura, uma questão que, décadas depois, permanece relevante no contexto do declínio de animais e polinizadores.

Os polinizadores, ao coletar néctar e pólen em plantas tratadas, beberem água contaminada ou ter contato com o ar carregado de partículas químicas, tornam-se mais vulneráveis (Jiang *et al.*, 2018; Jianget *al.*, 2020; Simon-Delso *et al.*, 2015).

De acordo com o Boletim Anual publicado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), entre as dez moléculas de agrotóxicos mais comercializadas em 2022, três são inseticidas: acefato, clorpirifós e metomil. Esses dados são preocupantes, visto que o acefato, é altamente tóxico para abelhas, provoca perda de coordenação motora, tremores e prostração (Machado *et al.*, 2009). Além disso, resíduos de clorpirifós foram detectados no néctar e no pólen das abelhas, sendo considerado extremamente tóxico tanto por ingestão quanto por contato direto (Giesy; Solomon, 2014; Zhanget *al.*, 2022). Já o metomil, além de ser classificado como altamente perigoso para humanos, interfere no metabolismo das abelhas, desregulando seu equilíbrio ácido-base e afetando o transporte de sais, o que resulta em graves efeitos fisiológicos (Soydan *et al.*, 2020). O composto também apresenta toxicidade moderada a alta para a maioria da fauna e flora (Martinello *et al.*, 2021).

Não são apenas os inseticidas que representam uma ameaça, fungicidas também têm impactos negativos sobre o desempenho cognitivo das abelhas (Kaila *et al.*, 2023b) e herbicidas como glufosinato de amônio e sulfoxaflor, mesmo quando aplicados em doses únicas e baixas, já demonstraram reduzir significativamente o tempo de sobrevivência das abelhas, aumentando os riscos de mortalidade (Castelli *et al.*, 2023).

## 2.4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mudanças na temperatura, precipitação e o aumento da frequência de incêndios florestais têm impactos sinérgicos que afetam negativamente a diversidade das redes de interação entre pólen e polinizadores (Landaverde *et al.*, 2023; Souto-Veiga *et al.*, 2022). Segundo Vasiliev e Greenwood (2021), eventos climáticos extremos estão contribuindo para o declínio de abelhas, borboletas, besouros, moscas e vespas. Essa ideia é corroborada por Kazenel *et al.* (2024), que destacam que as mudanças climáticas podem reduzir diretamente a aptidão das abelhas quando as condições ambientais excedem suas tolerâncias fisiológicas. Outhwaite *et al.* (2022) também sugerem que os insetos são altamente sensíveis ao aquecimento climático, que afeta diretamente seu comportamento fisiológico, aumentando os desafios para sua sobrevivência. Estudos de Castro *et al.*, (2019) indicam que a alteração do microclima das caixas reprodutivas das abelhas jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke), deixando-as expostas ao sol, influencia o comportamento dos insetos, que apresentam mais agressividade e fadiga. Este artigo também realiza projeções para os anos futuros, onde se tem uma perspectiva de dificuldade na adaptação da espécie frente às mudanças climáticas.

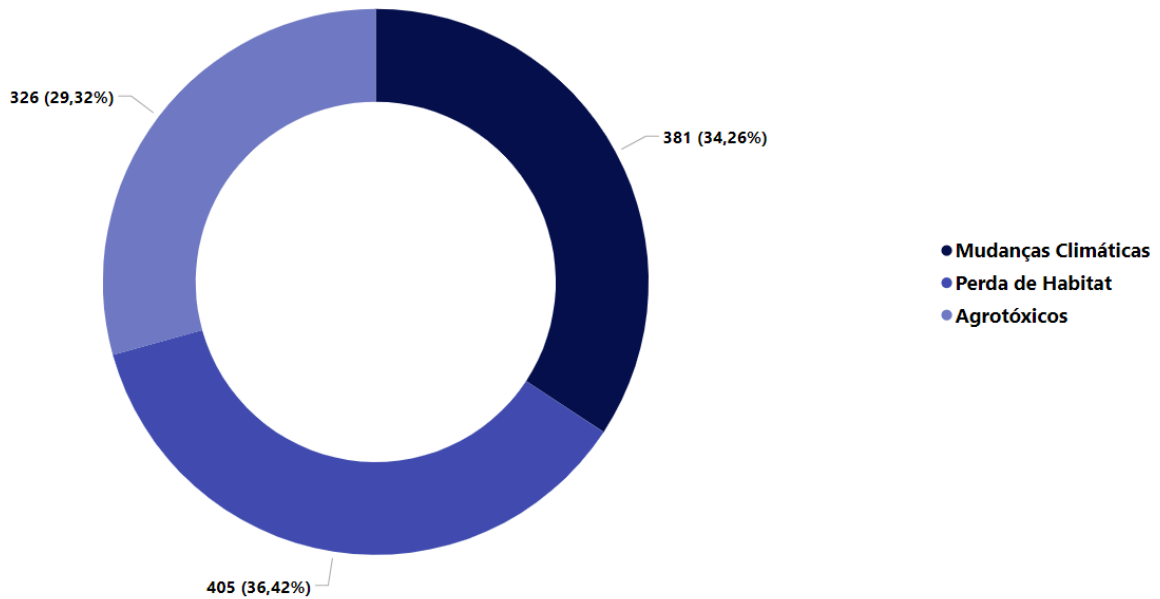
Além desses fatores, as mudanças climáticas, incluindo eventos extremos, têm sido relatadas alterando o tempo de floração das plantas, comprometendo a quantidade e a qualidade das fontes de alimento para polinizadores, o que impacta negativamente suas populações (Balmaki *et al.*, 2024). No entanto, é essencial que mais estudos sejam realizados para mensurar com maior precisão os efeitos causados pelas alterações climáticas e pelos eventos extremos na biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos relacionados aos polinizadores.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Proporção de artigos e respectivos temas

Ao longo dos 10 anos avaliados, a revisão bibliográfica total dos 1.112 artigos revelou que a temática de perda de habitat representou 36,42% das publicações científicas relacionadas ao declínio de polinizadores, tornando-se a mais explorada. Em seguida, os estudos sobre mudanças climáticas corresponderam a 34,26% das publicações, enquanto os artigos sobre uso de agrotóxicos apresentaram um percentual de 29,32% (Figura 1). Esses resultados corroboram com pesquisas anteriormente publicadas. Rosa *et al.*, (2019) também mencionam que a fragmentação ambiental e o uso intensivo de agrotóxicos estão entre os principais fatores de desaparecimento de colônias ao redor do mundo. Segundo (Barbosa *et al.*, 2022), a pressão antrópica ocasionada pelo desmatamento e pela expansão das áreas agrícolas têm proporcionado alterações nos mais diversos ecossistemas. Esses processos acabam acelerando processos degradativos e fragmentação dos habitats naturais. Por fim, a fragmentação ambiental leva ao aparecimento de pequenas “ilhas” de matas nativas (Macdonald, *et al.*, 2018). Esses poucos remanescentes florestais nativos, distanciados uns dos outros contribuem diretamente para a redução do fluxo gênico e diversidade genética de populações de abelhas que ficam restritas a esses pequenos espaços de forrageamento (Lozier *et al.*, 2011). Esse processo culmina na perda de vigor e diversidade genética, condenando as poucas colônias restantes ao processo de extinção (Tavares *et al.*, 2013).

FIGURA 1 - PROPORÇÃO DE ARTIGOS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, PERDA DE HABITAT E AGROTÓXICOS PUBLICADOS ENTRE 2014 A 2024



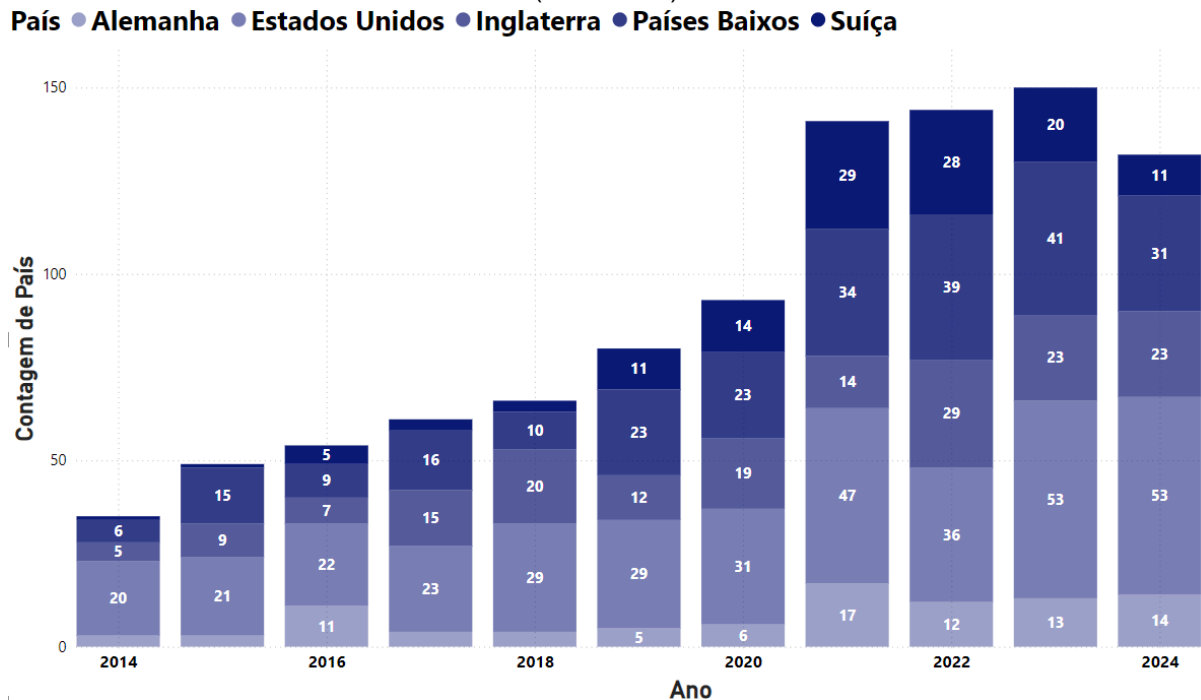
FONTE: *Web of Science* (2024).

### 3.2 Desempenho das Publicações Científicas

Além disso, regionalmente, os Estados Unidos, os Países Baixos e a Inglaterra foram os principais contribuintes científicos em todas as temáticas avaliadas. Esses países lideraram a produção sobre perda de habitat, além de apresentarem contribuições significativas em pesquisas relacionadas a mudanças climáticas e uso de agrotóxicos. Esses dados estão representados no gráfico da Figura 2, que ilustra o número total de publicações ao longo dos 10 anos analisados, destacando a contribuição de cada país em relação às temáticas estudadas.

O declínio de polinizadores na Europa e nos Estados Unidos tem sido amplamente documentado, sendo atribuído a uma combinação de fatores como perda de habitat, uso de agrotóxicos e mudanças climáticas (Smith *et al.*, 2013). Nos Estados Unidos, as abelhas são responsáveis por mais de US\$ 15 bilhões em serviços ecossistêmicos (Durant e Ponisio, 2021), já na Europa os polinizadores são muito utilizados na produção de frutíferas como mirtilo e cereja (Ludewig *et al.*, 2023). Por serem reconhecidos como grandes potências econômicas (Jesus, 2014), estes países contam com uma ampla rede de instituições e pesquisadores em busca de soluções para reverter a desordem de colapso da colônia que causam consequências econômicas e ambientais. (Imperatriz-Fonseca, 2012).

FIGURA 2 - CONTRIBUIÇÃO ANUAL DOS PRINCIPAIS PAÍSES NAS PESQUISAS CIENTÍFICAS (2014-2024)



FONTE: Web of Science (2024).

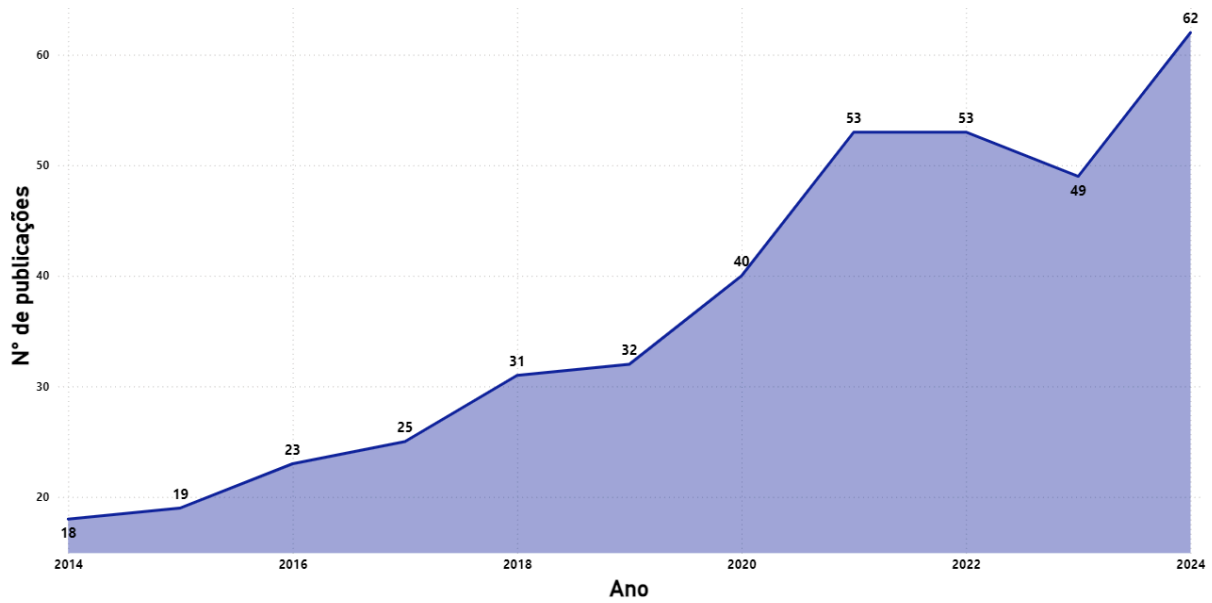
### 3.3 Análise de palavras-chave

No gráfico de palavras-chave (Figura 3), as principais palavras utilizadas nos três temas avaliados foram: *pollinator* (192), *bees* (189), *pollination* (184), *bee* (177), *change* (145), *services* (114), *biodiversity* (99), *conservation* (95) e *habitat* (90). Essas palavras representam os termos mais frequentes na literatura científica. Os polinizadores são essenciais para a agricultura, mas seus serviços ecossistêmicos estão sendo comprometidos devido à mudanças climáticas e ações antrópicas (EMBRAPA, 2012). Portanto, estes termos podem servir como referência importante para a formulação de estratégias de busca e desenvolvimento de pesquisas futuras relacionadas ao declínio de polinizadores.

FIGURA 3 - NUVEM DE PALAVRAS-CHAVE: ORIUNDA DE PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS QUE ASSOCIARAM OS TRÊS FATORES AVALIADOS ENTRE 2014 A 2024







FONTE: O autor, PowerBI (2024).

### 3.6 Produção científica por país

Em relação às publicações sobre a perda de habitats de polinizadores em uma distribuição geográfica continental, observa-se que as pesquisas estão majoritariamente concentradas na Europa (Figura 6). Este fato revela uma preocupação local em virtude da perda acentuada de remanescentes florestais nativos (EEA, 2024).

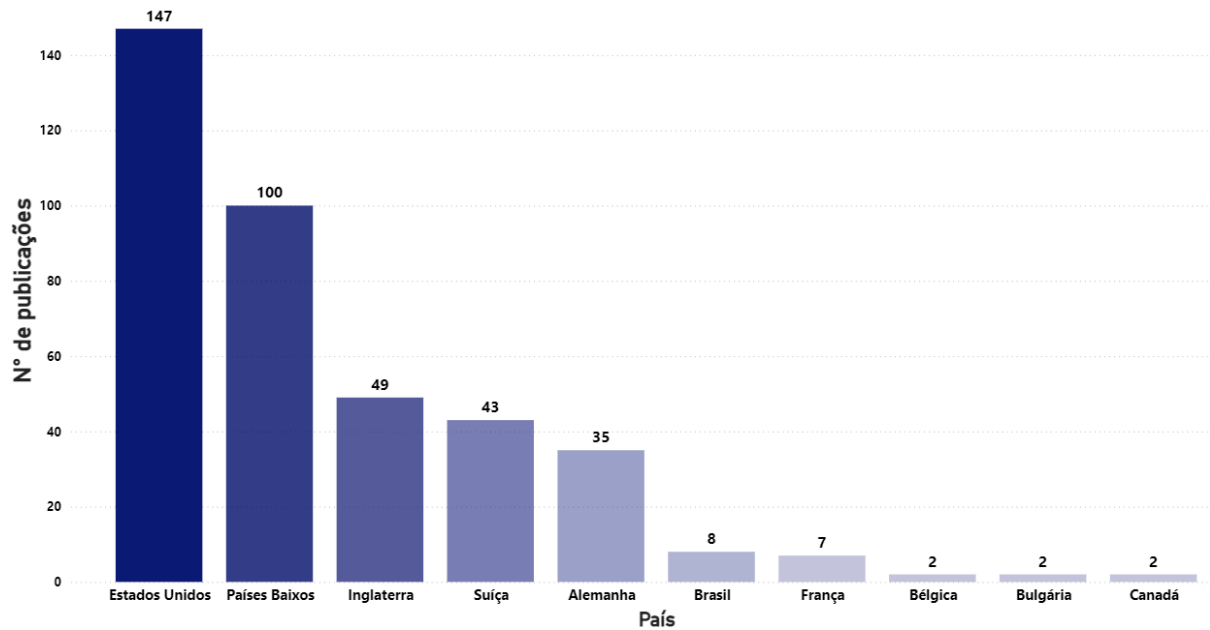
FIGURA 6 - NÚMERO DE PRODUÇÕES CIENTÍFICAS QUE ASSOCIARAM A PERDA DE HABITATS E POLINIZADORES, POR CONTINENTE DURANTE OS ANOS DE 2014 A 2024



FONTE: O autor, PowerBI (2024).

Em relação ao número de publicações sobre a temática perda de habitat e polinizadores, observou-se que 17 países abordaram esse item, destacam-se os Estados Unidos, os Países Baixos e a Inglaterra como os maiores contribuintes, com 147, 100 e 49 publicações, respectivamente. O Brasil, por sua vez, ocupou a sexta posição, com 8 publicações sobre essa temática (Figura 7). Assim como Bélgica, Bulgária e Canadá. Também contribuíram com 2 publicações cada, o Chile, Coreia do Sul, Hungria, Índia, Itália, Noruega e Nova Zelândia. De acordo com Nocelli *et al.*, (2012) desde 2006 houve uma redução de 80% das colmeias na Europa e nos Estados Unidos. Este trabalho evidenciou uma grave crise ambiental, que até então eram inexplicáveis. A partir disso, nota-se uma alta demanda por novas pesquisas que ajudem a compreender e investigar esse declínio.

FIGURA 7 - NÚMERO DE PUBLICAÇÕES QUE MENCIONARAM A PERDA DE HABITATS DE POLINIZADORES, POR PAÍS NOS ANOS DE 2014 A 2024

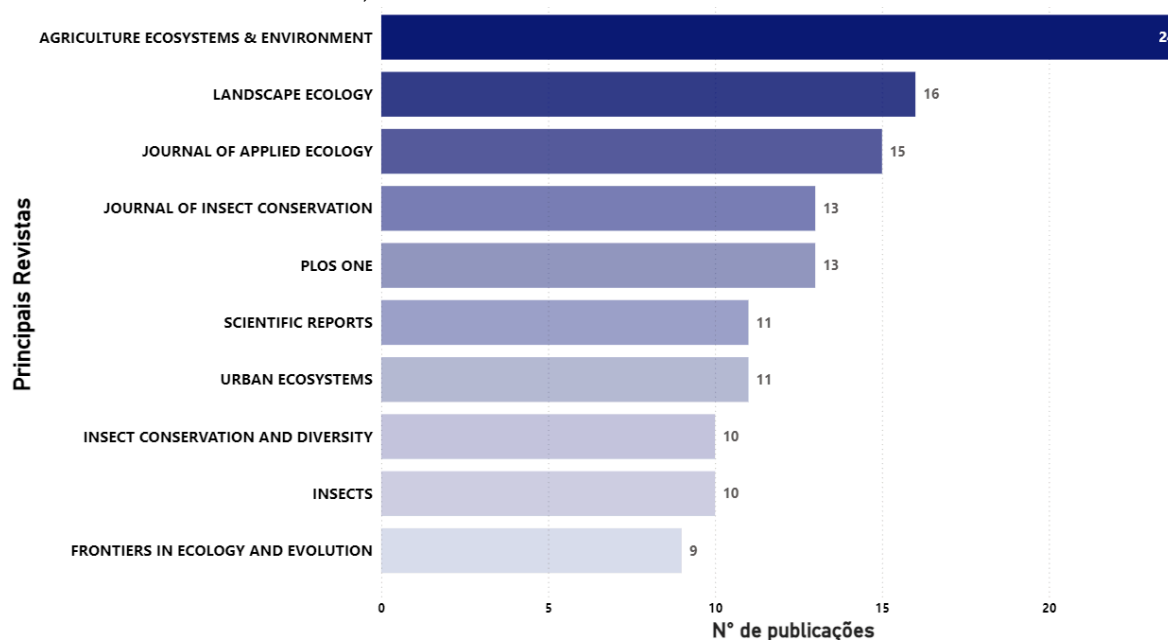


FONTE: O autor, PowerBI (2024).

### 3.7 Distribuição das publicações por periódicos

Os 145 artigos revelaram a diversidade de revistas e periódicos que foram responsáveis por publicar estudos sobre a perda de habitat dos polinizadores. Entre os periódicos destacados, a *Agriculture Ecosystems & Environment* lidera com 24 publicações, seguida por *Landscape Ecology*, com 16 e *Journal of Applied Ecology*, que publicou 15 artigos sobre o tema (Figura 8). Em um nível intermediário, outras revistas apresentaram contribuição com um número menor de publicações. Entre elas, destacam-se *Journal of Insect Conservation* e *Plots One* que publicaram 13 artigos.

FIGURA 8 - NÚMERO DE PUBLICAÇÕES QUE MENCIONARAM A PERDA DE HÁBITATS DE POLINIZADORES, POR PERIÓDICO DURANTE OS ANOS DE 2014 A 2024.



FONTE: O autor, PowerBI (2024).

### 3.8 Análise bibliométrica sobre agrotóxicos e polinizadores

No contexto desta análise, apresenta-se a avaliação quantitativa dos 326 artigos selecionados, com o intuito de oferecer uma perspectiva sobre o cenário atual e o avanço das investigações científicas sobre o uso de agrotóxicos e seus efeitos nos polinizadores. Na nuvem de palavras (Figura 9), foram identificadas 275 palavras-chave empregadas pelos autores, com ênfase nas cinco mais frequentes: *bee* (78); *bees* (64); *pollinator* (52); *honey* (51) e *pesticide* (45). Além destas, outros termos podem ser relacionados com o uso de agrotóxicos: *neonicotinoid* (30), *toxicity* (28), *exposure* (25) e *imidacloprid* (13). Os agrotóxicos da classe neonicotinoides foram introduzidos na década de 1990 (Whitehorn *et al.*, 2012), sendo um dos ingredientes ativos mais utilizados na agricultura. Segundo Fischer *et al.* (2024), os neonicotinoides podem causar interferências no sistema nervoso dos insetos e alterar suas funções metabólicas. Essa afirmação é corroborada por outros estudos que avaliaram a exposição de abelhas a esse grupo químico. Entre os principais efeitos, destacam-se a redução do crescimento da colônia (Gill, 2012) e a diminuição do sucesso no forrageamento de abelhas melíferas (Hnery, 2012).

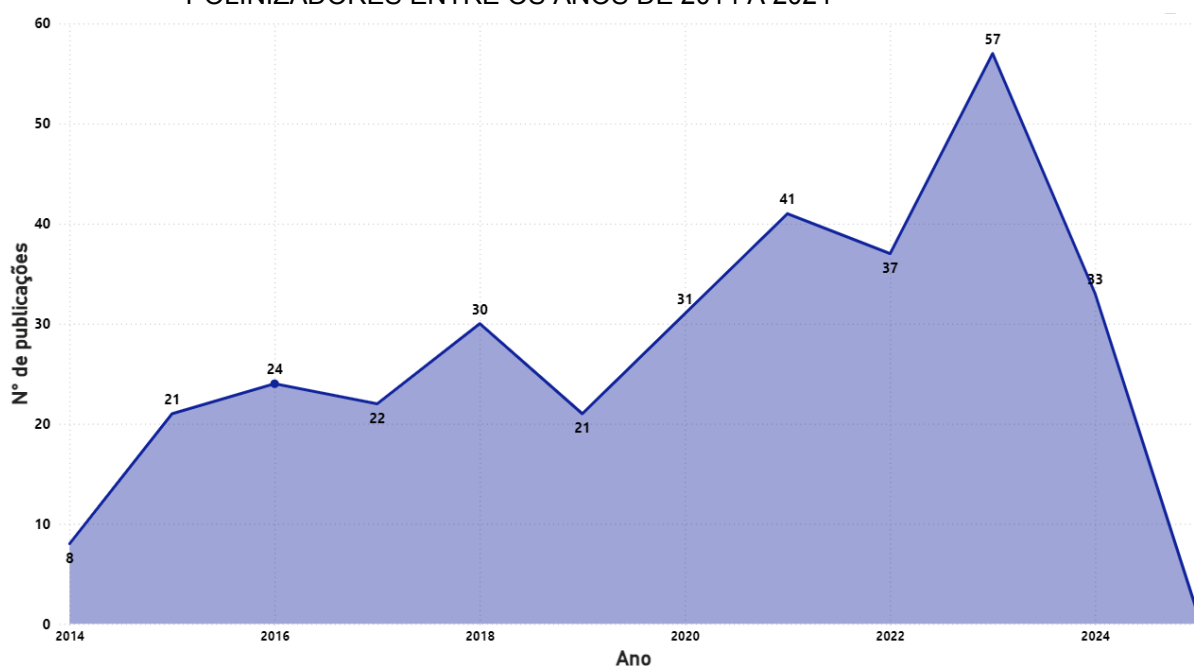
Durante as atividades de forrageamento, as abelhas ficam propensas ao contato com uma extensa variedade de poluentes químico-sintéticos. O efeito



### 3.9 Desempenho do número de publicações por ano

Com base nas publicações extraídas, é possível verificar a evolução do número de publicações ao longo de 10 anos (Figura 10). Obteve-se uma média geral de 32,6 publicações, com um crescimento constante ao longo deste período. O ano de 2023 se destaca com 57 artigos relacionados aos químicos e seus efeitos nos insetos. O elevado volume de pesquisas relacionadas ao tema deve-se ao fato de que, além dos inseticidas, também são investigados os efeitos de fungicidas, acaricidas e herbicidas (Rosa *et al.*, 2017). Além disso, novas pesquisas voltadas ao desenvolvimento de moléculas orgânicas, como alternativas aos agrotóxicos tradicionais, também têm contribuído para o aumento do número de publicações ao longo dos anos (Toledo-Hernández *et al.*, 2022).

FIGURA 10 - EVOLUÇÃO ANUAL DO NÚMERO DE PUBLICAÇÕES SOBRE AGROTÓXICOS E POLINIZADORES ENTRE OS ANOS DE 2014 A 2024

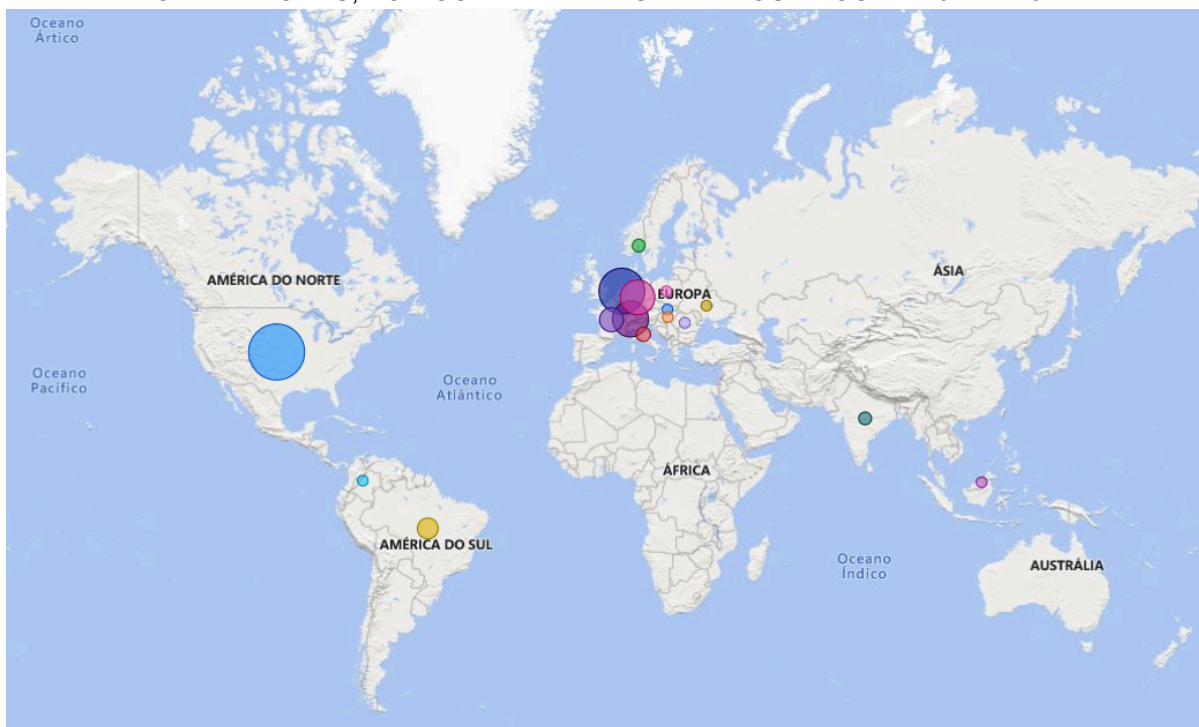


FONTE: O autor, PowerBI (2024).

### 3.10 Produção científica por país

O levantamento das publicações científicas indicou que, em termos continentais, a maior parte das publicações sobre agrotóxicos e polinizadores está concentrada na Europa, conforme a figura abaixo.

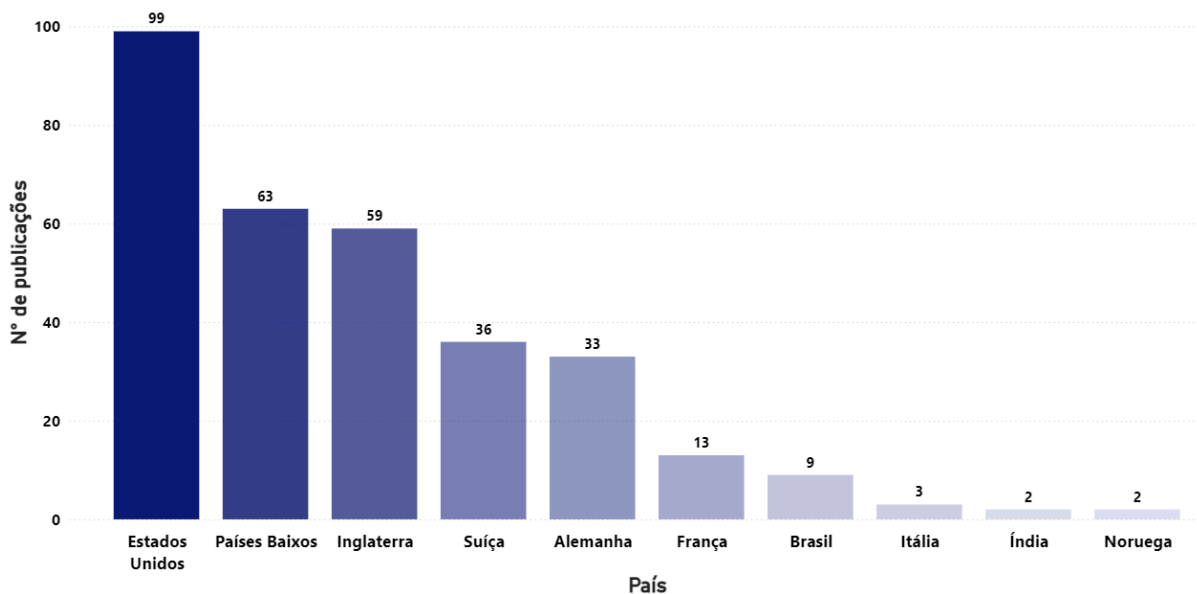
FIGURA 11 - NÚMERO DE PRODUÇÕES CIENTÍFICAS QUE ASSOCIARAM AGROTÓXICOS E POLINIZADORES, POR CONTINENTE DURANTE OS ANOS DE 2014 A 2024



FONTE: O autor, PowerBI (2024).

Entre os 17 países analisados, novamente os Estados Unidos, os Países Baixos e a Inglaterra destacaram-se como os principais responsáveis pela produção científica, com 99, 63 e 59 publicações, respectivamente. O Brasil, por sua vez, ficou na sétima posição, com 9 publicações sobre esse tema (Figura 12). Com apenas 1 publicação, também contribuíram os países Colômbia, Eslováquia, Hungria, Malásia, Polônia, Romênia e Ucrânia. O grande interesse dos Estados Unidos e Europa se deve ao fato de que desde a década de 1980, há estudos indicando o declínio de aproximadamente 59% das colônias americanas e 25% das colônias europeias (Potts *et al.*, 2010), gerando pressões políticas, ambientais e socioeconômicas sobre esses países (Smith *et al.*, 2013).

FIGURA 12 - NÚMERO DE PUBLICAÇÕES QUE ASSOCIARAM O USO DE AGROTÓXICOS E POLINIZADORES POR PAÍS DURANTE OS ANOS DE 2014 A 2024



FONTE: O autor, PowerBI (2024).

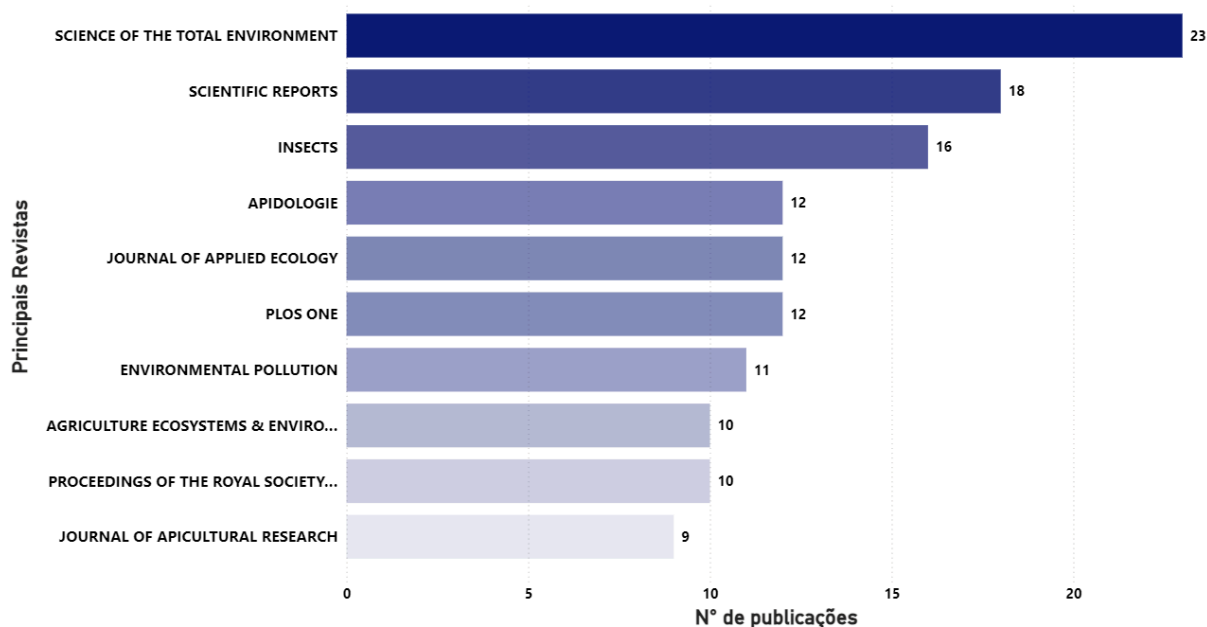
### 3.11 Distribuição das Publicações por Periódicos

A análise das publicações demonstra a contribuição significativa de diversos periódicos na disseminação do conteúdo sobre agrotóxicos e insetos polinizadores (Figura 13). Dos 126 periódicos, destacam-se *Science of the Total Environment*, com 23 artigos publicados, seguido de *Scientific Reports*, com 18 publicações e *Insects*, com 16 estudos sobre o tema. Essas revistas desempenham um papel importante na divulgação das pesquisas científicas, refletindo o foco crescente na área de agrotóxicos e biodiversidade de polinizadores. Outras publicações, como *Apidologie* e *Journal of Applied Ecology*, também apresentaram contribuições expressivas, empatadas com 12 artigos.

Com o aumento de estudos evidenciando a mortalidade de polinizadores causada por neonicotinoides, a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) publicou no ano de 2013 um relatório proibindo o uso da molécula Tiametoxam, já que esta está relacionada à mortalidade de abelhas. Após 11 anos, no Brasil, esta mesma molécula foi restrita, conforme publicado no parecer técnico do IBAMA (2024), entretanto, o composto não está proibido, podendo ser utilizado via tratamento de sementes e jato dirigido ao solo. Vale ressaltar que algumas espécies de abelhas possuem necessidade de nidificar o solo, ou seja, utilizam

tanto as camadas mais profundas, quanto em superfície para a construção de ninhos para concluir o ciclo biológico, bem como realizar as demais funções do ciclo de vida (Chan *et al.*, 2021; Harmon-Threatt, 2020). Além disso, em 2019 foi publicado no Jornal Oficial da União Europeia a proibição do uso de fipronil, do qual causa alterações moleculares nas abelhas, promovendo a redução das populações (Astolfi *et al.*, 2022). Enquanto no Brasil, atualmente, o fipronil passou por suspensões na modalidade de aplicação, sendo proibida a pulverização em área total mas não a sua utilização, IBAMA (2023).

FIGURA 13 - NÚMERO DE PUBLICAÇÕES QUE ASSOCIARAM O USO DE AGROTÓXICOS POR PERIÓDICO DURANTE OS ANOS DE 2014 A 2024



FONTE: O autor, PowerBI (2024).

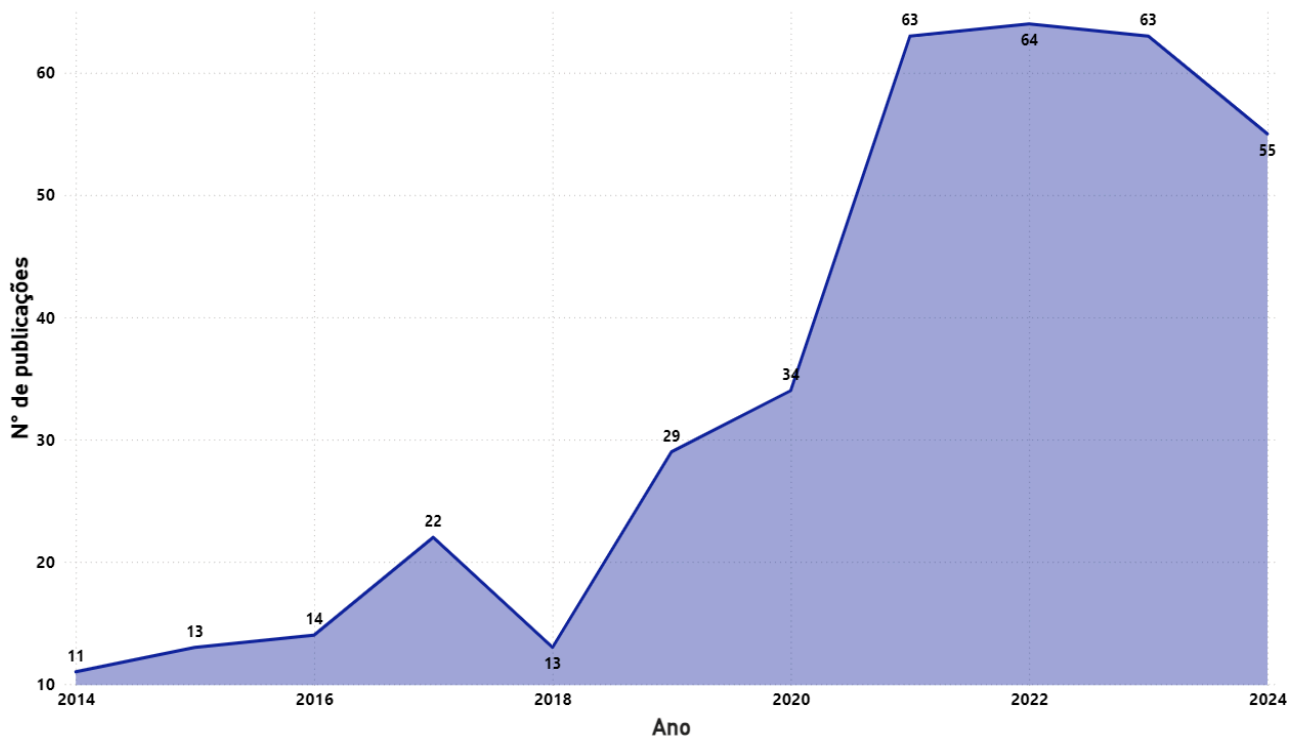
### 3.12 Análise bibliométrica sobre mudanças climáticas e polinizadores

No âmbito desta análise, realiza-se a avaliação quantitativa dos 381 artigos extraídos, com o objetivo de fornecer uma visão sobre o estado atual e o progresso das pesquisas relacionadas às mudanças climáticas e seus efeitos nos polinizadores. Na nuvem de palavras apresentada na Figura 14, foram encontradas 331 palavras-chave utilizadas pelos autores, com destaque para as cinco mais frequentes: *climate* (114); *change* (114); *pollination* (81); *pollinator* (68) e *bees* (69). Além dos termos *ecosystem* (58), *services* (53) e *conservation* (41). Estes termos



consequência a ineficiência na polinização do meloeiro, por exemplo, o que pode levar a uma redução de até 90% na produtividade, além de frutos com baixa qualidade e deformidades (Kill *et al.*, 2015).

FIGURA 15 - EVOLUÇÃO ANUAL DO NÚMERO DE PUBLICAÇÕES SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E POLINIZADORES ENTRE OS ANOS DE 2014 A 2024



FONTE: O autor, PowerBI (2024).

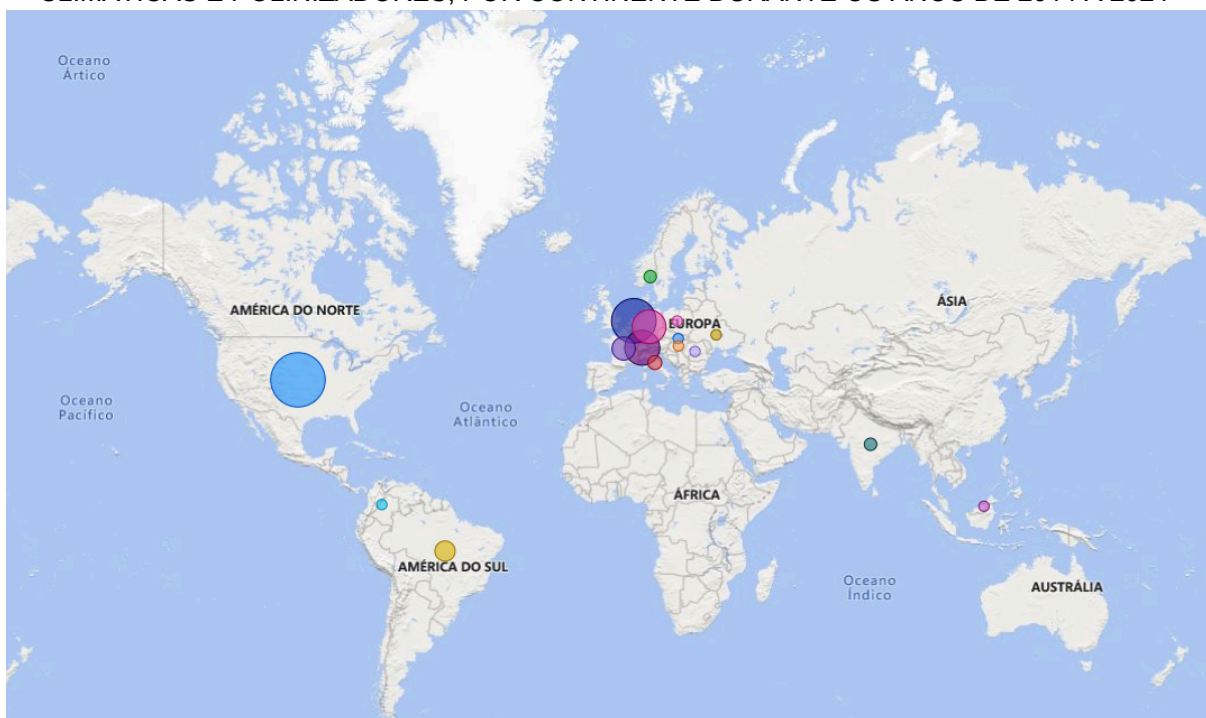
### 3.14 Produção científica por país

O estudo da produção acadêmica apontou que, por continentes, as publicações sobre mudanças climáticas estão principalmente concentradas na Europa (Figura 16). Entre os 18 países analisados, os Estados Unidos, os Países Baixos e a Inglaterra se destacam como os principais responsáveis pela produção científica, com 118, 85 e 68 publicações, respectivamente. O Brasil ocupou a sétima posição, com 5 publicações sobre este tema, conforme mostrado na Figura 17. Além disso, Japão e Romênia contribuíram com 2 publicações e África do Sul, Bélgica, Canadá, Malásia, Nova Zelândia e Paquistão publicaram 1 artigo.

Entre os anos de 2019 e 2020, apicultores dos Estados Unidos registraram uma perda estimada de 43,7% de suas colônias de abelhas. Diversos fatores podem estar relacionados, incluindo mudanças climáticas, entretanto, devido ao

monitoramento inadequado, é difícil mensurar esses impactos na América do Norte (Goulson *et al.*, 2015). Um dos setores que possui trabalhos relacionados está o setor de produção de amêndoas. Segundo o Conselho de Amêndoas da Califórnia (Almond Board), os Estados Unidos são os maiores produtores de amêndoas do mundo, sendo seus pomares totalmente dependentes da polinização (Saunders, 2015). Diante disso, muitos cientistas têm direcionado suas pesquisas à polinização e conscientização dos produtores americanos a adotar boas práticas agrícolas favoráveis às abelhas (Durant e Ponisio, 2021).

FIGURA 16 - NÚMERO DE PRODUÇÕES CIENTÍFICAS QUE ASSOCIARAM MUDANÇAS CLIMÁTICAS E POLINIZADORES, POR CONTINENTE DURANTE OS ANOS DE 2014 A 2024

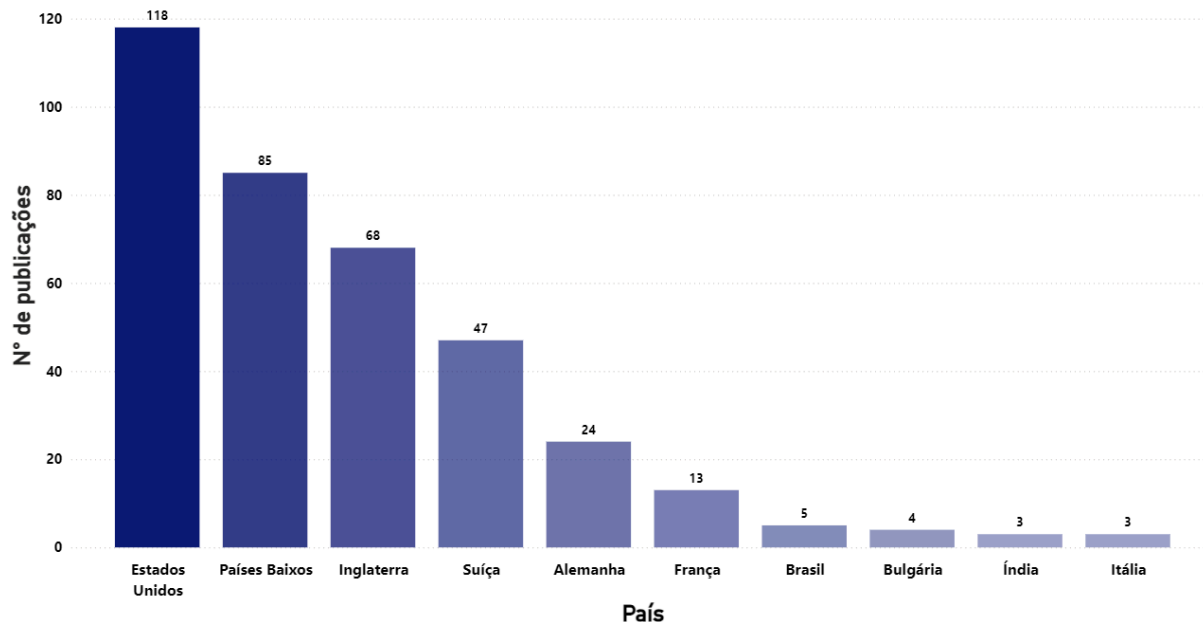


FONTE: O autor, PowerBI (2024).

Segundo Maia *et al.*, (2020), precipitação irregular, aumento da temperatura, escassez de água também são consequências geradas pelas mudanças climáticas. Conforme boletim publicado pela Secretaria de Desenvolvimento Rural (SDR) do estado do Rio Grande do Sul, 16.054 caixas de abelhas foram perdidas por conta das fortes chuvas dos últimos tempos, que ocasionam enchentes e reduziram consideravelmente as populações de abelhas, comprometendo a produção de mel e renda dos apicultores da região. Além disso, longos períodos de seca reduzem as fontes de água fazendo com que as abelhas tenham alterações fisiológicas e

comportamentais, como diminuição da massa corpórea, aumento do estresse e gasto energético, prejudicando os processos de polinização (Johnson *et al.*, 2023; Ostwald *et al.*, 2024).

FIGURA 17 - NÚMERO DE PUBLICAÇÕES QUE ASSOCIARAM MUDANÇAS CLIMÁTICAS E POLINIZADORES POR PAÍS DURANTE OS ANOS DE 2014 A 2024



FONTE: O autor, PowerBI (2024).

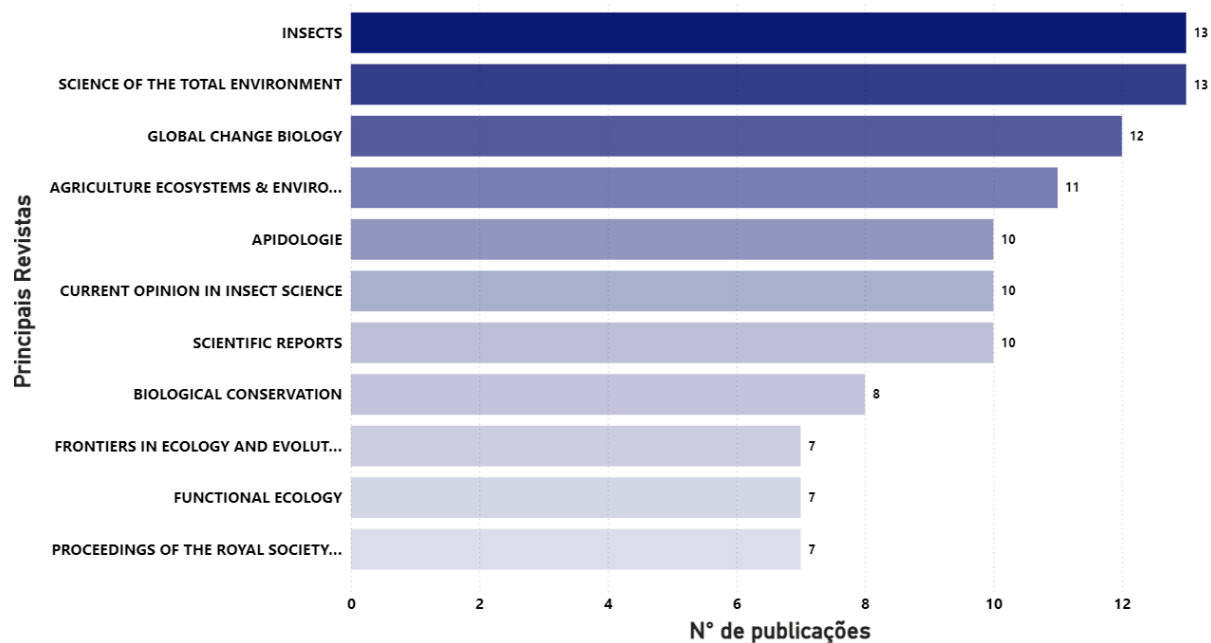
### 3.15 Distribuição das Publicações por Periódicos

Dos 381 artigos revisados neste tema, foram publicados em 181 periódicos diferentes. Na Figura 18, observa-se os principais, onde é possível visualizar o número de publicações, conforme os dados da WoS. Essa análise é essencial, pois permite identificar as principais fontes de disseminação científica utilizadas nesta área. Entre os periódicos, a *Insects* e *Science of the Total Environment* lideram com 13 publicações cada, seguidos por *Global Change Biology* com 12 publicações.

Segundo Lin *et al.*, (2023), os fenômenos de temperaturas extremas e diminuição na precipitação, alteram a fisiologia das plantas causando florescimento precoce, murchamento, redução da disponibilidade e qualidade do pólen e do néctar. Nooten; Korten; Kárpáti (2024) destacam que as mudanças climáticas também alteram os compostos orgânicos voláteis responsáveis pelos aromas florais, comprometendo a comunicação química entre plantas e insetos rastreadores de odores. Assim, com estes obstáculos na interação entre plantas e insetos, que

prejudicam o reconhecimento das plantas hospedeiras pelos insetos polinizadores, ocorre o comprometimento dos processos de polinização (Démare *et al.*, 2022).

FIGURA 18 - NÚMERO DE PUBLICAÇÕES QUE ASSOCIARAM MUDANÇAS CLIMÁTICAS POR PERIÓDICO DURANTE OS ANOS DE 2014 A 2024



FONTE: O autor, PowerBI (2024).

## 4 DISCUSSÃO

Este trabalho demonstrou que o declínio dos polinizadores resulta de uma complexa interação entre a perda de habitat, o uso de agrotóxicos e as mudanças climáticas. Esses fatores podem agir de forma sinérgica, amplificando os impactos negativos sobre as populações de polinizadores (Zhu *et al.*, 2014). O uso indiscriminado de agrotóxicos não apenas afeta a saúde dos insetos, mas também compromete os recursos florais (Matinello *et al.*, 2021), enquanto a perda de habitat reduz a disponibilidade de locais adequados para alimentação e nidificação (Kline e Joshi, 2020). Além disso, as mudanças climáticas intensificam esses efeitos, alterando a fenologia das plantas, os ciclos de vida dos polinizadores, os ciclos hidrológicos e aumentando a frequência de eventos extremos, como secas, inundações e incêndios florestais (Landaverde *et al.*, 2023; Souto-Veiga *et al.*, 2022).

A análise bibliométrica revelou que os Estados Unidos, Países Baixos e Inglaterra são os maiores contribuintes científicos no estudo do declínio dos polinizadores. Esse destaque pode ser atribuído à forte tradição científica dessas nações, que possuem centros de pesquisa renomados e programas de financiamento robustos para questões ambientais (Imperatriz-Fonseca, 2012). Além disso, esses países enfrentam desafios significativos relacionados à perda de polinizadores, sustentabilidade agrícola e à segurança alimentar, o que motiva um alto investimento em pesquisas voltadas à preservação de polinizadores e à mitigação de seus declínios (Smith *et al.*, 2013). A ampla disponibilidade de dados científicos, parcerias internacionais e infraestrutura tecnológica nesses países também contribui para a liderança científica nesse tema (Imperatriz-Fonseca, 2012).

Por fim, ressalta-se a necessidade de estratégias integradas para mitigar os impactos combinados dos fatores relatados aos polinizadores, bem como a criação de políticas públicas que promovam boas práticas agrícolas (Durant e Ponisio, 2021), educação ambiental principalmente em regiões com baixo IDH, conservação de habitat (Alves, 2011), incentivo ao desenvolvimento e adoção de novas tecnologias torna-se essencial para garantir a conservação das populações de polinizadores e, indiretamente, a segurança alimentar global (Marshall *et al.*, 2024). Investimentos contínuos em pesquisa e colaboração internacional também são fundamentais para o avanço no entendimento dos fatores que impulsionam a perda

de polinizadores (Rosa *et al.*, 2017), em ecossistemas naturais e em ecossistemas que sofreram intervenções antrópicas, visando a minimização de possíveis impactos futuros (Barbosa *et al.*, 2022).

## 5 CONCLUSÕES

Através da análise bibliométrica, foram compilados 1.112 artigos científicos na base de dados *Web of Science*. Dentre os principais fatores abordados, “perda de habitat” foi mencionado em 405 publicações, “agrotóxicos” em 326 e “mudanças climáticas” em 381. Os periódicos em destaque são: *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *Science of The Total Environment* e *Insects*. A maior produção anual de publicações ocorreu em 2023, totalizando 150 publicações relacionadas ao declínio de polinizadores.

Estados Unidos, Países Baixos e Inglaterra se destacaram como países com maior contribuição científica. Os termos mais frequentes nas publicações, como *pollinator*, *bees*, *pollination*, *change*, *services*, *biodiversity*, *conservation* e *habitat*, oferecem direcionamentos para pesquisas futuras sobre o tema.

O desaparecimento dos polinizadores tem sido amplamente estudado em publicações científicas na última década, com destaque para temáticas como a perda de habitats, uso irrestrito de agrotóxicos e mudanças climáticas. Ferramentas bibliométricas mostraram-se eficazes na compilação de dados e interpretação de resultados sobre o desaparecimento de polinizadores em publicações científicas.

## 6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA AMBIENTAL EUROPEIA (EEA). **Fragmentation**. Disponível em: <https://biodiversity.europa.eu/europes-biodiversity/threats/fragmentation>. Acesso em: 03 dez. 2024.

AHMED, F.; HUSSAINEY, K. **A bibliometric analysis of political connections literature**. *Review of Accounting and Finance*, v. 22, n. 2, p. 206–226, 2023.

ALVES, A. L. **Reserva legal: limites e perspectivas para a conservação do cerrado**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2011.149>. Acesso em: 5 dez. 2024.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. **Bibliometrix: Uma ferramenta R para análise abrangente de mapeamento científico**. *Journal of Informetrics*, 2017. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8047221/mod\\_folder/content/0/Aria%20%20Cuccurullo%202017%20-%20bibliometrix%20An%20R-tool.pdf?forcedownload=1](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8047221/mod_folder/content/0/Aria%20%20Cuccurullo%202017%20-%20bibliometrix%20An%20R-tool.pdf?forcedownload=1). Acesso em: 27 out. 2024.

ASTOLFI, A. *et al.* **Field relevant doses of fipronil affects gene expression in honey bees *Apis mellifera***. *Apidologie*, v. 53, n. 69, 2022. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13592-022-00978-7>. Acesso em: 5 dez. 2024.

BALMAKI, B. *et al.* **Effects of climate change on Lepidoptera pollen loads and their pollination services in space and time**. *Oecologia*, v. 204, p. 751–759, 2024. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00442-024-05533-y>. Acesso em: 02 dez. 2024.

BALVINO-OLVERA, F. J. *et al.* **Effects of floral resources on honey bee populations in Mexico: Using dietary metabarcoding to examine landscape quality in agroecosystems**. *Ecology and Evolution*, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ece3.11456>. Acesso em: 25 nov. 2024.

BARBOSA, M. de M. *et al.* **Landscape influences genetic diversity but does not limit gene flow in a Neotropical pollinator**. *Apidologie*, v. 53, p. 48, 2022. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13592-022-00955-0>. Acesso em: 02 dez. 2024.

BENCHARKI, Y. *et al.* **“Farming with alternative pollinators” provides benefits also in large-scale fields**. *Acta Oecologica*, v. 122, 103978, jan. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2023.103978>. Acesso em: 5 dez. 2024.

BERINGER, J. da S.; MACIEL, F. L.; TRAMONTINA, F. F. **O declínio populacional das abelhas: causas, potenciais soluções e perspectivas futuras**. Rio Grande do Sul: Rev. Elet. Cient. da UERGS, 2019.

BHAT, S. *et al.* **Buzzing for Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*): Exploring Insect Pollinators, Their Behaviour, Single-Visit Efficiency and the Significance of Honey Bees in Yield Enhancement.** *Agricultural Research*, v. 13, n. 3, p. 519–528, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40003-024-00765-z>. Acesso em: 25 nov. 2024.

BORGES, R. C. *et al.* **The value of crop production and pollination services in the Eastern Amazon.** *Neotropical Entomology*, v. 49, p. 545–556, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00791-w>. Acesso em: 02 nov. 2024.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: Presidente da República,. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm) Acesso em: 2 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Economia. **Resultados do Comércio Exterior Brasileiro: dados consolidados.** Disponível em: [https://balanca.economia.gov.br/balanca/publicacoes\\_dados\\_consolidados/pg.html](https://balanca.economia.gov.br/balanca/publicacoes_dados_consolidados/pg.html). Acesso em: 25 nov. 2024.

BRONDÍZIO, E. S. **The Amazonian Caboclo and the Açaí Palm: Forest Farmers in the Global Market.** New York: New York Botanical Garden Press, 2008.

BRUCKNER, S. *et al.* **Honey Bee Colony Losses in the United States: Preliminary Results Abstract.** [s.l.], p. 1–5, 2020. Disponível em: [https://beeinformed.org/wp-content/uploads/2020/06/BIP\\_2019\\_2020\\_Losses\\_Abstract.pdf](https://beeinformed.org/wp-content/uploads/2020/06/BIP_2019_2020_Losses_Abstract.pdf). Acesso em: 7 dez. 2024.

CAPES. **Guia de uso do Portal de Periódicos.** Brasília: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, 2019. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br>. Acesso em: 25 nov. 2024.

CARSON, R. **Primavera silenciosa.** São Paulo: Editora Melhoramentos, 1962.

CASTELLI, L. *et al.* **Insights into the effects of sublethal doses of pesticides glufosinate-ammonium and sulfoxaflor on honey bee health.** *Science of The Total Environment*, v. 868, 161331, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161331>. Acesso em: 25 nov. 2024.

CASTRO, J. S. de. *et al.* **Resposta adaptativa de *Melipona subnitida* Ducke e a termorregulação colonial em diferentes condições térmicas no contexto das mudanças climáticas.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 34, n. 3, p. 379-387, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-7786343050>. Acesso em: 5 nov. 2024.

CHAN, D. W; RAINE, N.E. **Population decline in a ground-nesting solitary squash bee (*Eucera pruinosa*) following exposure to a neonicotinoid insecticide treated crop (*Cucurbita pepo*).** *Scientific Reports*, v. 11, n. 4241, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83341-7>. Acesso em: Acesso em: 7 dez. 2024.

CHANG, H. *et al.* **Larger bees facilitate the deposition of oilseed rape pollen (*Brassica napus* L.).** *Journal of Asia-Pacific Entomology*, v. 26, n. 2, p. 102047, jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2023.102047>. Acesso em: 25 nov. 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Último levantamento da safra 2023/2024 estima produção de grãos em 298,41 milhões de toneladas.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5728-ultimo-levantamento-da-safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 3 nov. 2024.

CONSELHO DE AMÊNDOAS DA CALIFÓRNIA. **Amêndoas da Califórnia.** Disponível em: <https://www.amendoas.com.br/>. Acesso em: 7 dez. 2024.

DÉMARES, F. *et al.* **Acute ozone exposure impairs detection of floral odor, learning, and memory of honey bees, through olfactory generalization.** *Science of The Total Environment*, v. 827, p. 154342, 25 jun. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154342>. Acesso em: 7 dez. 2024.

DEVKOTA, K. *et al.* **Beekeeping livelihood development in Nepal: value-added opportunities and professional support needs.** *Journal of Economic Entomology*, v. 115, n. 3, p. 706–714, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jee/toac058>. Acesso em: 25 nov. 2024.

DEVKOTA, K. *et al.* **The impact of pollinator decline on global protein production: Implications for livestock and plant-based products.** *Global Ecology and Conservation*, v. 50, e02815, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e02815>. Acesso em: 25 nov. 2024.

DURANT, J.L.; PONISIO, L.C. **A regional, honey bee-centered approach is needed to incentivize grower adoption of bee-friendly practices in the almond industry.** *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 5, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.628802>. Acesso em: 7 dez. 2024.

EMATER/RS; GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Impactos das chuvas e cheias extremas no Rio Grande do Sul em maio de 2024.** Boletim Evento Adverso n.º 1, maio de 2024. Porto Alegre: Secretaria de Desenvolvimento Rural, 2024. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/relatorio-sisperdas-evento-enchentes-em-maio-2024.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2024.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). **Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance thiamethoxam.** *EFSA Journal*, v. 11, n. 3, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3067>. Acesso em: 5 dez. 2024.

EUROPEAN UNION. **Commission Delegated Regulation (EU) 2019/330 of 11 December 2018: Amending Annexes I and V to Regulation (EU) No 649/2012 of the European Parliament and of the Council concerning the export and import of hazardous chemicals.** *Official Journal of the European Union*, 27 fev. 2019.

FAO. **O futuro da alimentação e da agricultura — Tendências e desafios**. Roma: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2017.

FARMERY, A. K. *et al.* **Blind spots in visions of a “blue economy” could undermine the ocean's contribution to eliminating hunger and malnutrition**. *One Earth*, v. 4, p. 28–38, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.002>. Acesso em: 02 dez. 2024.

FISCHER, N. *et al.* **Impacts of neonicotinoid insecticides on bumble bee energy metabolism are revealed under nectar starvation**. *Science of The Total Environment*, v. 912, p. 169388, 20 fev. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.169388>. Acesso em: 5 dez. 2024.

GIANNINI, T. C. *et al.* **The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil**. *Journal of Economic Entomology*, v. 108, n. 3, p. 849–857, jun. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jee/tov093>. Acesso em: 5 dez. 2024.

GIANNINI, T. C. *et al.* **Climate change in the Eastern Amazon: crop-pollinator and occurrence-restricted bees are potentially more affected**. *Regional Environmental Change*, v. 20, p. 9, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01611-y>. Acesso em: 03 nov. 2024.

GIESY, J. P.; SOLOMON, K. R. (eds.). **Ecological Risk Assessment for Chlorpyrifos in Terrestrial and Aquatic Systems in the United States**. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 231, 2014. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-03865-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-03865-0_1). Acesso em: 03 nov. 2024.

GOULSON, D. *et al.* **Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers**. *Science*, v. 347, p. 1255957, 2015. DOI: 10.1126/science.1255957.

HARMON-THREATT, A. **Influence of nesting characteristics on health of wild bee communities**. *Annual Review of Entomology*, v. 65, p. 39-56, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-024955>. Acesso em: 7 dez. 2024.

HRNCIR, M.; MAIA-SILVA, C.; DA SILVA TEIXEIRA-SOUZA, V. H.; *et al.* **Stingless bees and their adaptations to extreme environments**. *Journal of Comparative Physiology A*, v. 205, p. 415–426, 2019. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00359-019-01327-3>. Acesso em: 5 dez. 2024.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. *et al.* **O desaparecimento das abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as perspectivas do uso de abelhas não melíferas na polinização**. In: III SEMANA DOS POLINIZADORES: PALESTRAS E RESUMOS, 2012, Petrolina, PE. Embrapa Semiárido, 2012.

INFANTE, F. **Social capital and landscape: effects of monoculture forest plantations on small producers in the Mediterranean dryland of south-central**

Chile. *Rural Society*, v. 32, n. 3, p. 151–168, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10371656.2023.2270849>. Acesso em: 5 dez. 2024.

INSTITUTO ABELHA. **Atlas da apicultura no Brasil**. Disponível em: <https://abelha.org.br/atlas-da-apicultura-no-brasil/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção de mel de abelha no Brasil**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/br>. Acesso em: 25 nov. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Boletim Anual de Produção, Importação, Exportação e Vendas de Agrotóxicos no Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>. Acesso em: 24 nov. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Ibama suspende cautelarmente aplicação de agrotóxicos à base de fipronil**. 29 dez. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/notas/2024/ibama-suspende-cautelarmente-aplicacao-de-agrotoxicos-a-base-de-fipronil>. Acesso em: 5 dez. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Parecer Técnico Final – SEI IBAMA N.º 17732614: Avaliação de risco ambiental do ingrediente ativo tiametoxam para insetos polinizadores**. Brasília: IBAMA, [2024]. Disponível em: [[https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/notas/2024/ibama-divulga-resultado-da-consulta-publica-sobre-a-reavaliacao-ambiental-do-ingrediente-ativo-tiametoxam-para-insetos-polinizadores/2024-02-19\\_parecer\\_17732614\\_parecer\\_tecnico\\_final\\_tiametoxam-1.pdf](https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/notas/2024/ibama-divulga-resultado-da-consulta-publica-sobre-a-reavaliacao-ambiental-do-ingrediente-ativo-tiametoxam-para-insetos-polinizadores/2024-02-19_parecer_17732614_parecer_tecnico_final_tiametoxam-1.pdf)]. Acesso em: 5 dez. 2024.

IPBES. **The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production**. POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T. (eds.). Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2016. 552p.

JESUS, D. S. V. de. **As grandes potências e as economias emergentes no pós-crise**. *Revista de Sociologia e Política*, v. 22, n. 50, p. 95–105, 2014. DOI: 10.1590/1678-987314225002.

JIANG, H. *et al.* **Sulfoxaflor residues in pollen and nectar of cotton applied through drip irrigation and their potential exposure to *Apis mellifera* L.** *Insects*, v. 11, n. 2, p. 114, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects11020114>. Acesso em: 25 nov. 2024.

JIANG, J. *et al.* **Concentrations of imidacloprid and thiamethoxam in pollen, nectar and leaves from seed-dressed cotton crops and their potential risk to honeybees (*Apis mellifera* L.)**. *Chemosphere*, v. 201, p. 159–167, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.02.168>. Acesso em: 25 nov. 2024.

JOHNSON, M. G.; ALVAREZ, K.; HARRISON, J.F. **Water loss, not overheating, limits the activity period of an endothermic Sonoran Desert bee.** *Functional Ecology*, [s.l.], 27 set. 2023. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1111/1365-2435.14438>. Acesso em: 7 dez. 2024.

KAILA, L. *et al.* **Oral exposure to thiacloprid-based pesticide (Calypso SC480) causes physical poisoning symptoms and impairs the cognitive abilities of bumble bees.** *BMC Ecology and Evolution*, v. 23, p. 9, 2023. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1186/s12862-023-02111-3>. Acesso em: 25 nov. 2024.

KAILA, L. *et al.* **Chronic oral exposure to Amistar fungicide does not significantly affect colour discrimination but may impact memory retention in bumblebees.** *Environmental Science Europe*, v. 35, p. 39, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00744-1>. Acesso em: 25 nov. 2024.

KAMO, T. *et al.* **Polinizadores de caqui oriental no Japão.** *Applied Entomology and Zoology*, v. 57, p. 237–248, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13355-022-00784-8>. Acesso em: 25 nov. 2024.

KAZENEL, M. R. *et al.* **Heat and desiccation tolerances predict bee abundance under climate change.** *Nature*, v. 628, p. 342–348, 2024. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1038/s41586-024-07241-2>. Acesso em: 02 dez. 2024.

KE, Q. *et al.* **Effects of Land-Use Change on the Pollination Services for Litchi and Longan Orchards: A Case Study of Huizhou, China.** *Land*, v. 11, n. 7, p. 1073, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land11071073>. Acesso em: 02 dez. 2024.

KIILL, L. H. P. *et al.* **Polinização do Meloeiro: biologia reprodutiva e manejo de polinizadores.** Rio de Janeiro: Funbio, 2015.

KLEIN, A. M. *et al.* **Importance of pollinators in changing landscapes for world crops.** *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 274, p. 303–313, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>. Acesso em: 02 nov. 2024.

KLINE, O.; JOSHI, N. K. **Mitigating the effects of habitat loss on solitary bees in agricultural ecosystems.** *Agriculture*, v. 10, n. 4, p. 115, 2020.

KNAUER, A. C. *et al.* **Nutritional stress exacerbates impact of a novel insecticide on solitary bees' behaviour, reproduction and survival.** *Proceedings of the Royal Society B*, [s.l.], v. 289, n. 1985, 12 out. 2022. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1098/rspb.2022.1013>. Acesso em: 05 dez. 2024.

LANDAVERDE, R.; RODRIGUEZ, M. T.; PARRELLA, J. A. **Honey Production and Climate Change: Beekeepers' Perceptions, Farm Adaptation Strategies, and Information Needs.** *Insects*, v. 14, n. 6, p. 493, 2023. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/insects14060493>. Acesso em: 25 nov. 2024.

LIMA, D. P. **Fragmentação de Paisagens Naturais e Perda de Biodiversidade**. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 72, n. 2, p. 235-244, 2012. DOI: 10.1590/S0034-71082012000200005.

LIN, Z. *et al.* **Biotic and abiotic stresses on honeybee health**. *Integrative Zoology*, [s.l.], v. 18, n. 5, p. 627–639, 10 jul. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12752>. Acesso em: 5 dez. 2024.

LOZIER, J. D. *et al.* **Patterns of range-wide genetic variation in six North American bumble bee (Apidae: Bombus) species**. *Molecular Ecology*, v. 20, n. 23, p. 4870–4888, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2011.05314.x. Acesso em: 7 dez. 2024.

LUDEWIG, M. J. *et al.* **Avaliação inicial para entender o efeito da temperatura do ar sobre as abelhas como visitantes florais em pomares urbanos**. *Journal of Insect Conservation*, v. 27, p. 1013–1022, 2023. DOI: 10.1007/s10841-023-00516-5.

LYU, Z. *et al.* **Evaluation of the Pollination Efficiency of Apple Trees by *Osmia excavata* Alfken (Hymenoptera: Megachilidae)**. *Neotrop Entomol*, v. 53, p. 490–498, 2024. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13744-023-01122-5>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MACDONALD, Z. G. *et al.* **Decoupling habitat fragmentation from habitat loss: butterfly species mobility obscures fragmentation effects in a naturally fragmented landscape of lake islands**. *Oecologia*, v. 186, p. 11–27, 2018. DOI: 10.1007/s00442-017-4005-2. Acesso em: 7 dez. 2024.

MACHADO, M. P.; LIMA, M. A.; SILVA, A. B. **Toxicidade do acefato em abelhas e impactos comportamentais**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 955-961, jul. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/TN9Wd4KwMy6dcQKRd93Z6ZG/?format=pdf>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MAIA, U. M. *et al.* **Climate-induced distribution dynamics of *Plebeia flavocincta*, a stingless bee from Brazilian tropical dry forests**. *Ecology and Evolution*, v. 10, n. 18, p. 10130–10138, 20 ago. 2020. DOI: 10.1002/ece3.6674.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023**. São Paulo: MapBiomias, 2024. Disponível em: [https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2024/05/RAD2023\\_DEST\\_AQUES\\_PT\\_FINAL\\_27-05-24.pdf](https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2024/05/RAD2023_DEST_AQUES_PT_FINAL_27-05-24.pdf). Acesso em: 02 dez. 2024.

MARQUES, O. F. C. *et al.* **Dietary replacement of soybean meal with heat-treated grain soybean in diets of feedlot-finished beef cattle: impacts on intake, digestibility, and ruminal parameters**. *Journal Title*, v. 56, art. 13, 2024. Disponível em: <https://link-springer-com.ez22.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s11250-023-03862-3>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MARSHALL, L. *et al.* **Understanding and addressing shortfalls in European wild bee data.** *Biological Conservation*, v. 290, p. 110455, fev. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110455>. Acesso em: 5 dez. 2024.

MARSHALL, L. *et al.* **Potential for climate change driven spatial mismatches between apple crops and their wild bee pollinators at a continental scale.** *Global Environmental Change*, v. 83, p. 102742, dez. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2023.102742>. Acesso em: 5 dez. 2024.

MARTINELLO, M. *et al.* **Spring mortality in honeybees in northeastern Italy: detection of pesticides and viruses in dead honeybees and other matrices.** *Journal of Apicultural Research*, v. 56, p. 239-254, 2017.

MARTINELLO, M. *et al.* **The honey bee: an active biosampler of environmental pollution and a possible warning biomarker for human health.** *Applied Sciences*, v. 11, n. 6481, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app11146481>. Acesso em: 03 nov. 2024.

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

NASCIMENTO, M. T.; LAURANCE, W. F.; OLIVEIRA, A. A. **Fragmentação Florestal: Efeitos sobre a Biodiversidade e Implicações para Conservação.** *Natureza & Conservação*, v. 8, n. 1, p. 45-54, 2010. DOI: 10.1016/j.ncon.2010.01.002.

NATH, R.; SINGH, H.; MUKHERJEE, S. **Insect pollinators decline: an emerging concern of Anthropocene epoch.** *Journal of Apicultural Research*, v. 62, n. 1, p. 23–38, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2088931>. Acesso em: 02 dez. 2024.

NOCELLI, R. C. F. *et al.* **Riscos de pesticidas sobre as abelhas.** In: III SEMANA DOS POLINIZADORES: PALESTRAS E RESUMOS, 2012, Petrolina, PE. Embrapa Semiárido, 2012.

NOOTEN, S. S. *et al.* **The heat is on: reduced detection of floral scents after heatwaves in bumblebees.** *Proceedings of the Royal Society B*, [s.l.], v. 291, n. 1985, p. 0352, 28 ago. 2024. Disponível em: <https://doi.org/ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1098/rspb.2024.0352>. Acesso em: 7 dez. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 21 jan. 2025.

OSTWALD, M. M.; VENEGAS, V. A.; SELTMANN, K. C. **Social conditions facilitate water conservation in a solitary bee.** *Journal of Insect Science*, v. 24, n. 1, p. 4, jan. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieae001>. Acesso em: 7 dez. 2024.

OUTHWAITE, C. L.; MCCANN, P.; NEWBOLD, T. **Agriculture and climate change are reshaping insect biodiversity worldwide.** *Nature*, v. 605, p. 97–102, 2022.

Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1038/s41586-022-04644-x>. Acesso em: 02 dez. 2024.

PICALHO, A. C.; LUCAS, E. R. O.; AMORIM, I. S. **Lógica booleana aplicada na construção de expressões de busca**. *AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento*, v. 11, p. 1–12, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/atoz.v11.81838>. Acesso em: 27 out. 2024.

PLATAFORMA BRASILEIRA DE BIODIVERSIDADES E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS. **Sumário para tomadores de decisão: 1º relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. Autoria de Marina Wolowski... [et al.]. Organização de Maíra C. G. Padgurschi. Campinas: [s.n.], 2018. Acesso em: 27 out. 2024.

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

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. São Paulo: Editora Planta, 2001.

ROSA, J. M. da *et al.* **Polinizadores em perigo: por que nossas abelhas estão desaparecendo?** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL CIÊNCIA, SAÚDE E TERRITÓRIO, 4., 2017, Lages, SC. Alimentos seguros, nutritivos e suficientes. Lages, SC: UNIPLAC, 05 a 07 de jun. 2017.

ROSA, J. M. *et al.* **Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: Existe uma explicação?** *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 18, n. 1, p. 154-162, 2019.

SAUNDERS, M. E. **Resource connectivity for beneficial insects in landscapes dominated by monoculture tree crop plantations**. *International Journal of Agricultural Sustainability*, v. 14, n. 1, p. 82–99, 2015. DOI: 10.1080/14735903.2015.1025496. Acesso em: 7 dez. 2024.

SIMON-DELISO, N. *et al.* **Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites**. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, p. 5–34, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SINGH, V. K. *et al.* **The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis**. *Scientometrics*, v. 126, n. 6, p. 5113–5142, mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-021-03948-5>. Acesso em: 27 out. 2024.

SMITH, K. M. *et al.* **Pathogens, Pests, and Economics: Drivers of Honey Bee Colony Declines and Losses**. *EcoHealth*, v. 10, p. 434–445, 2013. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10393-013-0870-2>. Acesso em: 5 dez. 2024.

SOUTO-VEIGA, R. *et al.* **Declining pollination success reinforces negative climate and fire change impacts in a serotinous, fire-killed plant**. *Plant Ecology*,

v. 223, p. 863–881, 2022. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11258-022-01244-7>. Acesso em: 25 nov. 2024.

SOYDAN, E. *et al.* **Investigation of pesticides on honey bee carbonic anhydrase inhibition.** *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 2020. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1080/14756366.2020.1835885>. Acesso em: 03 nov. 2024.

STRANG, C. G. *et al.* **Field agrochemical exposure impacts locomotor activity in wild bumblebees.** *Ecology*, v. 104, 2023. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1002/ecy.4310>. Acesso em: 25 nov. 2024.

TAVARES, M. G. *et al.* **Genetic variability and population structure in *Melipona scutellaris* (Hymenoptera: Apidae) from Bahia, Brazil, based on molecular markers.** *Apidologie*, v. 44, p. 720–728, 2013. DOI: 10.1007/s13592-013-0220-y. Acesso em: 7 dez. 2024.

THUMA, J. A. *et al.* **Nutrient enrichment and rainfall affect plant phenology and floral resource availability for pollinators.** *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 11, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1150736>. Acesso em: 25 nov. 2024.

TOLEDO-HERNÁNDEZ, E. *et al.* **The stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini): a review of the current threats to their survival.** *Apidologie*, v. 53, n. 8, 2022. Disponível em: <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13592-022-00913-w>. Acesso em: 5 dez. 2024.

TOMMASI, N. *et al.* **Impacto de terra usar intensificação e local características sobre plantas e polinizadores em sub-Saariano pequeno produtor fazendas.** *Agricultura, Ecossistemas e Meio Ambiente*, v. 319, 107560, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107560>.

VASILIEV, D.; GREENWOOD, S. **The role of climate change in pollinator decline across the Northern Hemisphere is underestimated.** *Science of The Total Environment*, v. 775, p. 145788, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145788>. Acesso em: 02 dez. 2024.

WHITEHORN, P. R. *et al.* **Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production.** *Science*, v. 336, n. 6079, p. 351-352, 29 mar. 2012. DOI: 10.1126/science.1215025.

WINTERMANTEL, D. *et al.* **Flowering resources modulate the sensitivity of bumblebees to a common fungicide.** *Science of The Total Environment*, v. 829, 154450, 10 jul. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154450>. Acesso em: 5 dez. 2024.

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

ZHAI, J. *et al.* **Evolutionary trends and hotspot analysis of livelihood strategy for agricultural residents based on bibliometrics.** *Agriculture*, v. 14, n. 7, p. 1153, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture14071153>. Acesso em: 25 nov. 2024.

ZHANG, F.; LIU, Y.; ZHANG, Y. **Análise bibliométrica de tendências de pesquisa em mineralização de carbono orgânico do solo agrícola de 2000 a 2022.** *Agricultura*, v. 13, p. 1248, 2023.

ZHANG, Y. *et al.* **Assessing the toxicological interaction effects of imidacloprid, thiamethoxam, and chlorpyrifos on *Bombus terrestris* based on the combination index.** *Scientific Reports*, 2022.

ZHU, W. *et al.* **Four common pesticides, their mixtures and a formulation solvent in the hive environment have high oral toxicity to honey bee larvae.** *PloS One*, v. 9, p. e77547, 2014.