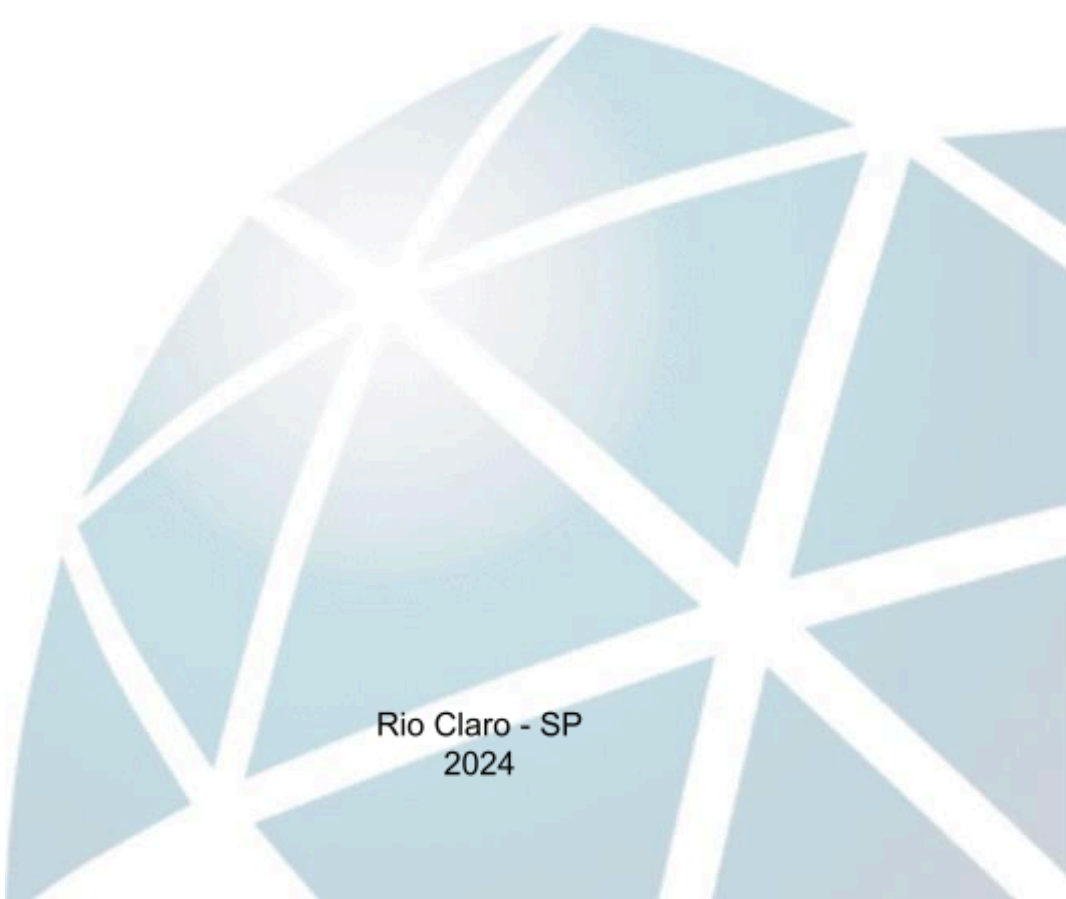

ECOLOGIA

CRISLAINE RODRIGUES BUENO

**PROMOÇÃO DA BIODIVERSIDADE DE
POLINIZADORES E PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA
POR MEIO DA DIVERSIDADE DE CULTURAS**



Rio Claro - SP
2024

CRISLAINE RODRIGUES BUENO

**PROMOÇÃO DA BIODIVERSIDADE DE POLINIZADORES E
PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA POR MEIO DA DIVERSIDADE DE
CULTURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, para obtenção do grau de Ecóloga.

Orientadora: Janine Farias Menegaes

Rio Claro - SP
2024

B928p

Bueno, Crislaine Rodrigues

Promoção da biodiversidade de polinizadores e
produtividade agrícola por meio da diversidade de culturas. /
Crislaine Rodrigues Bueno. -- Rio Claro, 2024
44 p. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ecologia) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de
Biociências, Rio Claro

Orientadora: Janine Farias Menegaes

1. Diversidade agrícola. 2. Polinizadores. 3. Produtividade. 4.
Agrotóxicos. I. Título.

CRISLAINE RODRIGUES BUENO

**PROMOÇÃO DA BIODIVERSIDADE DE POLINIZADORES E
PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA POR MEIO DA DIVERSIDADE DE
CULTURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, para obtenção do grau de Ecóloga.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dra. Janine Farias Menegaes

Prof. Dr. Pedro Joaquim Bergamo

Prof^a. Ma. Juliana Bento De Oliveira

Aprovado em: 11 de novembro de 2024

Assinatura do discente

Assinatura da orientadora

AGRADECIMENTOS

Não posso deixar de reconhecer o papel fundamental da educação gratuita e de qualidade que possibilitou meu ingresso e minha construção na universidade. Em especial, agradeço à minha orientadora Janine que abraçou minha ideia e colaborou com seus conhecimentos cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ainda a todos professores que tive o prazer de conhecer durante a graduação, por compartilharem suas expertises e por investirem tempo e esforço no meu crescimento.

Também gostaria de expressar minha gratidão a todas as pessoas dos meus ciclos sociais, que tornaram possível e agradável a conclusão deste trabalho acadêmico. Em primeiro, aos meus pais e irmão, Marcia, Valdinei e Cristian, pelo amor incondicional, apoio e encorajamento ao longo de toda a minha jornada. Seu apoio constante foi fundamental para minha realização pessoal e profissional. Agradeço ao meu namorado Vinicius, pela paciência, motivação e felicidade que traz à minha vida, a minha amiga Andressa pela presença e ouvido durante os momentos deste projeto. A companhia de todos significa muito em minha vida, tornando esta jornada mais leve e gratificante.

“O meio ambiente não é o espaço em que vivemos, mas o espaço do qual vivemos” (Ana Primavesi, 1977).

RESUMO

A agricultura é uma das áreas de maior relevância econômica para o mercado brasileiro. Entretanto, o agronegócio investe predominantemente no cultivo em larga escala de monoculturas. O sistema de monoculturas exige maiores demandas de insumos externos e conta com redução da biodiversidade. Desta forma, acarreta alguns problemas socioambientais, como a sensibilidade dos ecossistemas agrícolas e o declínio dos polinizadores. O presente trabalho visa, por meio de uma revisão bibliográfica, incentivar a intensificação de sistemas agroecológicos em culturas que dependem da polinização. A considerar a relação entre a diversidade agrícola que compõe a paisagem, os polinizadores e a produtividade. Os resultados salientaram que os sistemas biodiversos que não fazem uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos reduzem sua produção em comparação aos sistemas convencionais. Em contraste, a diversidade e a abundância de polinizadores foram positivamente relacionadas à diversidade florística agrícola. Assim, ressalta-se a necessidade de atualizar o sistema agrícola do país e estimular a promoção de práticas ecológicas menos agressivas no campo, garantindo sustentabilidade e saúde aos agroecossistemas.

Palavras-chave: diversidade agrícola; polinizadores; produtividade; agrotóxicos.

ABSTRACT

Agriculture is one of the areas of greatest economic relevance for the Brazilian market. However, agribusiness predominantly invests in large-scale cultivation of monocultures. The monoculture system requires greater demands on external inputs and reduces biodiversity. In this way, it causes some socio-environmental problems, such as the sensitivity of agricultural ecosystems and the decline of pollinators. This work aims, through a bibliographic review, to encourage the intensification of agroecological systems in crops that depend on pollination. Considering the relationship between the agricultural diversity that makes up the landscape, pollinators and productivity. The results highlighted that biodiverse systems that do not use pesticides and synthetic fertilizers reduce their production compared to conventional systems. In contrast, pollinator diversity and abundance were positively related to agricultural floristic diversity. Thus, the need to update the country's agricultural system and encourage the promotion of less aggressive ecological practices in the field is highlighted, ensuring sustainability and health to agroecosystems.

Keywords: agricultural diversity; pollinators; productivity; pesticides.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diversidade de Fauna por Cultivo.....	16
Figura 2 – Estratificação Agroflorestal.....	18
Figura 3 – Dependência de Polinização.....	22
Figura 4 – Ecologia da Polinização.....	25
Figura 5 – Grupo de Polinizadores.....	26
Figura 6 – 17 ODS.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS

ABA	Associação Brasileira de Agroecologia
ABC	Agricultura de Baixo Carbono
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization
ILPF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
IPBES	Plataforma Governamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
GEE	Gases de Efeito Estufa
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OGM	Organismos Geneticamente Modificados
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
SAFS	Sistemas Agroflorestais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. METODOLOGIA.....	11
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1. Agricultura Brasileira.....	12
3.1.1. <i>Técnicas de Cultivo.....</i>	14
3.1.2 <i>Agroecologia.....</i>	17
3. 2. Polinizadores.....	20
3.2.1 <i>Declínio de Polinizadores.....</i>	22
3.3 Produtividade do Sistema.....	23
3.4 Polinizadores Agrícolas nos Agroecossistemas.....	24
3.5 ODS: Fome Zero e Agricultura Sustentável.....	30
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A agroecologia possui diversas facetas: é um movimento social, um campo de estudos e é uma prática agrícola com foco em produzir sistemas sustentáveis. Baseada na promoção da biodiversidade, seu desenvolvimento considera a interação entre a fauna, a flora e o solo (Vargas; Fountoura; Wizniewsky, 2013). Proposta pelos modelos agroecológicos, a prática de diversificar culturas agrícolas integra princípios ecológicos, sociais e biológicos (Rosset *et al.*, 2014), compreende saberes tradicionais à ciência para garantir aplicações eficientes e socialmente justas.

Diversificar as espécies agrícolas possibilita o aproveitamento mais abrangente dos nichos disponíveis em um ecossistema (Kamiyama *et al.*, 2011), pois garante o aumento de recursos alimentares à fauna (FAO, 2019). Também possibilita que as plantas em consórcios complementam suas necessidades, de modo sustentável e regenerativo, com menor dependência de insumos externos (Azadi *et al.*, 2011). Em contraponto, ao modelo agrícola convencional moderno cuja produção intensiva de monocultura faz uso de grandes quantidades de agrotóxicos¹, que podem comprometer a qualidade ambiental e a saúde animal e vegetal (Rosset *et al.*, 2014; Pimentel; Berardi; Fast, 1983).

Numerosas produções agrícolas dependem da interação entre planta-animal, como a polinização para a fertilização de sementes. Entretanto, em sistemas intensificados os polinizadores são impactados devido ao uso de agrotóxicos, apesar de serem organismos não-alvos, comprometendo o equilíbrio ecológico e a produtividade (Belchior *et al.*, 2017). Além disso, monoculturas extensivas, limita-os a dieta monofloral, que causa desvantagem no sistema imune dos organismos em relação às dietas poliflorais, um fator que contribui mais para o declínio dos polinizadores (Alaux *et al.*, 2011; Donkersley *et al.*, 2014).

Logo, a regeneração promovida nos sistemas agroecológicos pode formar diversidade florística para os polinizadores (Decourtye *et al.*, 2001). Por certo, a riqueza da fauna nos sistemas varia conforme o uso e a ocupação da terra. Visto

¹ De acordo com a Lei 1. 7.802 de 11 de junho de 1989, agrotóxico e afins são produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos para uso no cultivo, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-la da ação danosa de seres vivos nocivos (BRASIL, 1989).

que, há tendência a maior complexidade de relações tróficas em meios cujas culturas produzidas são mais diversas (Suárez-Seoane; Orborne; Baudry, 2002).

Considerando a complexa relação entre a produtividade em sistemas biodiversos e os serviços ecossistêmicos fornecidos por polinizadores, é crucial analisar e compreender a influência dessas interações. Portanto, o presente trabalho visa investigar através de uma revisão bibliográfica a relação entre a biodiversidade e a promoção de maior produtividade agrícola. Por meio de uma pesquisa que se fundamenta na análise dos impactos da diversificação de culturas agrícolas sobre a biodiversidade de polinizadores e, por conseguinte, a produtividade agrícola em sistemas agroecológicos.

Para isso, tem como objetivos específicos: analisar a correlação entre a diversidade de culturas e a diversidade de polinizadores em um agroecossistema e verificar como a diversificação de culturas agrícolas interfere na produtividade agrícola. Essa análise é fundamental para promover práticas agrícolas mais sustentáveis e resilientes, levando em consideração tanto a conservação da biodiversidade quanto o aumento da produtividade.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica com análise exploratória referencial. Para atingir os objetivos formulados, o levantamento bibliográfico se fundamentou em revistas acadêmicas e bancos de dados científicos dispostos on-line, incluindo Web of Science, Biblioteca da EMBRAPA, ABA (Associação Brasileira de Agroecologia), Periódico CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), FAO (Food and Agriculture Organization) Publications e Scopus a nível mundial. A considerar publicações com base na relevância para o tema em questão, publicados a partir do ano de 2014 (últimos 10 anos), na língua portuguesa, inglesa e espanhol.

Foi realizado a seleção de 51 artigos através do uso de busca pelas palavras-chaves: “crop pollination”, “agroeco*”, “producti*”, “agriculture”, “biodiversity” e suas similares utilizadas em combinação com o operador booleano “AND”. Desta forma, incluindo estudos que abordem agroecossistemas com foco na relação entre produtividade e diversidade de polinizadores. Estabelecendo como critério para

exclusão: os artigos duplicados, trabalhos que não se encontram disponíveis em texto completo ou em idioma não acessível. Excluindo ainda aqueles com inadequação aos objetivos da revisão.

Por fim, foram sistematizados os estudos selecionados conforme a extração de dados relevantes, dos métodos de polinização, diversidade de polinizadores, medidas de produtividade e diversidade agrícola presentes no mesmo. Submetendo-os a fim de identificar padrões, para permitir uma análise crítica e interpretação dos resultados apresentados.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Agricultura Brasileira

A história da agricultura - prática que busca cultivar alimentos e matérias primas - no Brasil se inicia através dos povos originários do território. Os indígenas dominavam e dominam técnicas de produções tradicionais voltadas à subsistência (Fernandes *et al.*, 2022), cuja diversidade agrícola integra a caça, a pesca e a coleta, junto ao saber popular para garantir a sustentabilidade e adaptação às condições ambientais. Com a chegada dos colonizadores no século XV inicia-se a exploração em larga escala. Primeiramente, por ação de corte e extração do pau-Brasil (*Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis), para uso de sua madeira, resina, entre outros (Miranda, 2020).

Mas, atrás de produtos de maior valor comercial implantam os primeiros latifúndios de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) para exportação (Miranda, 2020), à custa de um aumento significativo da exploração natural no país. O ciclo da cana-de-açúcar deu início à agricultura de mercado e foi um monopólio até o final do século XVII. Seu declínio, apesar de ainda haver importância atualmente, deu abertura a outras grandes plantações de valor comercial, como o fumo (*Nicotiana tabacum* L.), o algodão (*Gossypium hirsutum* L.), o cacau (*Theobroma cacao* L.) e o café (*Coffea* spp.), possibilitadas pela expansão da fronteira agrícola (Miranda, 2020; Vieira Filho, 2024).

No meio do século XX, em um período marcado pela indústria automobilística, o setor adotou tecnologias de mecanização para produção agrícola brasileira (Miranda, 2020). O uso de máquinas agrícolas gerou interferência direta na

mão-de-obra no campo e danos ao solo. Em conjunto com a concentração fundiária pode-se observar um grande impacto social, como o êxodo rural (Vieira Filho, 2024). Quando a população deixou de ser majoritariamente rural e migrou para a área urbana, pois cada dia menos famílias possuíam acesso à terra (Cabral, 2021).

As principais *commodities* atuais são o milho (*Zea mays* L.) e a soja (*Glycine max* L. Merrill), voltados principalmente à alimentação animal (Marchi *et al.*, 2024). Juntas totalizam cerca de R\$ 22 bilhões em consumo de agrotóxicos, o que corresponde a mais de 60% do total consumido (Moraes, 2019). Essas culturas foram marcadas pela mudança geográfica da produção ao Centro-Oeste do país (Miranda, 2020). Com zonas de exploração possibilitadas pela alteração dos solos do Cerrado com alto consumo de insumos agrícolas (fertilizantes e agrotóxicos) (Marchi *et al.*, 2024, Rosset *et al.*, 2014).

De acordo, com os dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2018) no que diz respeito aos produtos fitossanitários (agrotóxicos) encontrados no mercado os mais consumidos são: inseticidas (49,5%), fungicidas (7,1%), herbicidas (6,7%). Visto que se trata de produtos químicos são classificados conforme os danos toxicológicos, (I) extremamente tóxico, (II) altamente tóxico, (III) tóxico e (IV) pouco tóxico. Sua aplicação visa possibilitar o sistema modificado a aumentar sua produção. Deste modo, fundamenta o consumo crescente de agrotóxico no Brasil, que se encontra entre os países que mais aumentam seu consumo. Com cerca de 10% do consumo total de agrotóxicos do mundo, sendo 156 mil toneladas com grau de periculosidade ambiental I e II (Moraes, 2019). Contudo, gera problemas externos negativos, como a perda da biodiversidade de fauna e flora, propiciando um desequilíbrio no sistema (Belchior *et al.*, 2017).

O predomínio de monoculturas visa o mercado externo. Atualmente, o setor conta com exportações equivalentes a 49% total da exportação do país (Brasil, 2024a). Durante toda a história brasileira, o agronegócio foi considerado um dos maiores setores econômicos. Conforme análises do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) (2024) o agronegócio corresponde a cerca de 23,8% do Produto Interno Bruto (PIB). Sugerem ainda que a produção de alimentos no Brasil terá a maior taxa de crescimento entre os principais produtores e consumidores de alimentos mundial (BRASIL, 2024a). Com previsão de expansão de produção no futuro, mas contando com menos recursos e limitações ambientais

(FAO, 2019). Diante dessa situação, o emprego de técnicas ambientalmente amigáveis é essencial (Marchi *et al.*, 2024).

3.1.1 Técnicas de Cultivo

Apesar da extensão do território brasileiro, a agricultura se encontra presente em diferentes combinações de escala, abrangendo os diversos biomas com uma ampla gama de produtos (Miranda, 2020). Há uma pluralidade de ecossistemas agrícolas e variedade de técnicas de cultivo, cuja literatura costuma englobar como agricultura moderna/convencional e agroecológica. Ainda que possuam ampla particularidade e complexidade dentro dos grupos estabelecidos (Sumberg; Giller, 2022).

A agricultura convencional, normalmente relacionada ao elevado consumo de recursos, se associa à homogeneidade estrutural fundiária brasileira. Este modelo necessariamente faz uso de maquinários e visa alta produção a curto prazo (Ferreira *et al.*, 2021). A maioria das áreas agrícolas são dispostas a este modelo (Meemken; Qaim, 2018). Trata-se de uma produção comercial, com característica de grandes propriedades (Miranda, 2020). Devido à intensificação que ocorre de um único produto em áreas de latifúndios, a FAO (2019) prevê que dentre as 6.000 plantas agrícolas produzidas mundialmente, nove: cana-de-açúcar, milho, arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum L.*), batata (*Solanum tuberosum*), soja, palmeira de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.), beterraba-sacarina (*Beta vulgaris L.*) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), são equivalentes a 66% do total da produção mundial, mostrando a perda de diversidade genética no campo.

Na monocultura, todos os parâmetros, para além da luminosidade, são controlados sinteticamente com propósito de aumentar cada vez mais a produção. Com uma gestão mais facilitada de fornecimento ao sistema (Meemken; Qaim, 2018). Dito isso, conta com grande dependência de insumos externos (Rosset *et al.*, 2014), que potencializa riscos ao meio ambiente. Em consequência da ampla distribuição dos sistemas de manejo convencional os problemas ambientais atuais são intensificados (Ferreira *et al.*, 2021).

O modelo com alto consumo de insumos externos não apenas eleva significativamente os custos de produção, mas também gera impactos ambientais

consideráveis (Ferreira *et al.*, 2021). Além disso, para possibilitar a expansão altera-se a cobertura do solo, por meio do desmatamento ou da conversão de ecossistemas naturais em terras agrícolas. Segundo Ferreira *et al.* (2021), essa modificação de uso da terra tende a ser a principal fonte de geração de Gases de Efeito Estufa (GEE), assim contribuem para o aquecimento da atmosfera terrestre.

Por outro lado, a agroecologia é conhecida pela base fundamentada em conhecimento tradicional e científico, com visão de auxiliar a natureza enquanto mantém a produção para o mercado. Com a finalidade de utilizar métodos biodiversos que mais assemelham-se ao natural/biológico, para reduzir as práticas intensivas e uso de químicos (Rosset *et al.*, 2014). Pode ser resposta para a transformação de terras improdutivas em áreas agrícolas sustentáveis com geração de renda (Ferreira *et al.*, 2021). Conectando o rendimento econômico da cultura e os processos ecossistêmicos (Astegiano *et al.*, 2024).

Para incentivo às práticas sustentáveis, de acordo com Nobre (2018), o governo brasileiro cria o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que sugere tecnologias que contornam as adversidades ambientais, como Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs). A transição de sistemas que considere a sustentabilidade pode reduzir significativamente custos com a saúde populacional, mitigar alterações climáticas e contornar a redução da biodiversidade (Figura 1), pois possuem custos abaixo dos padrões atuais de consumo (FAO, 2021).

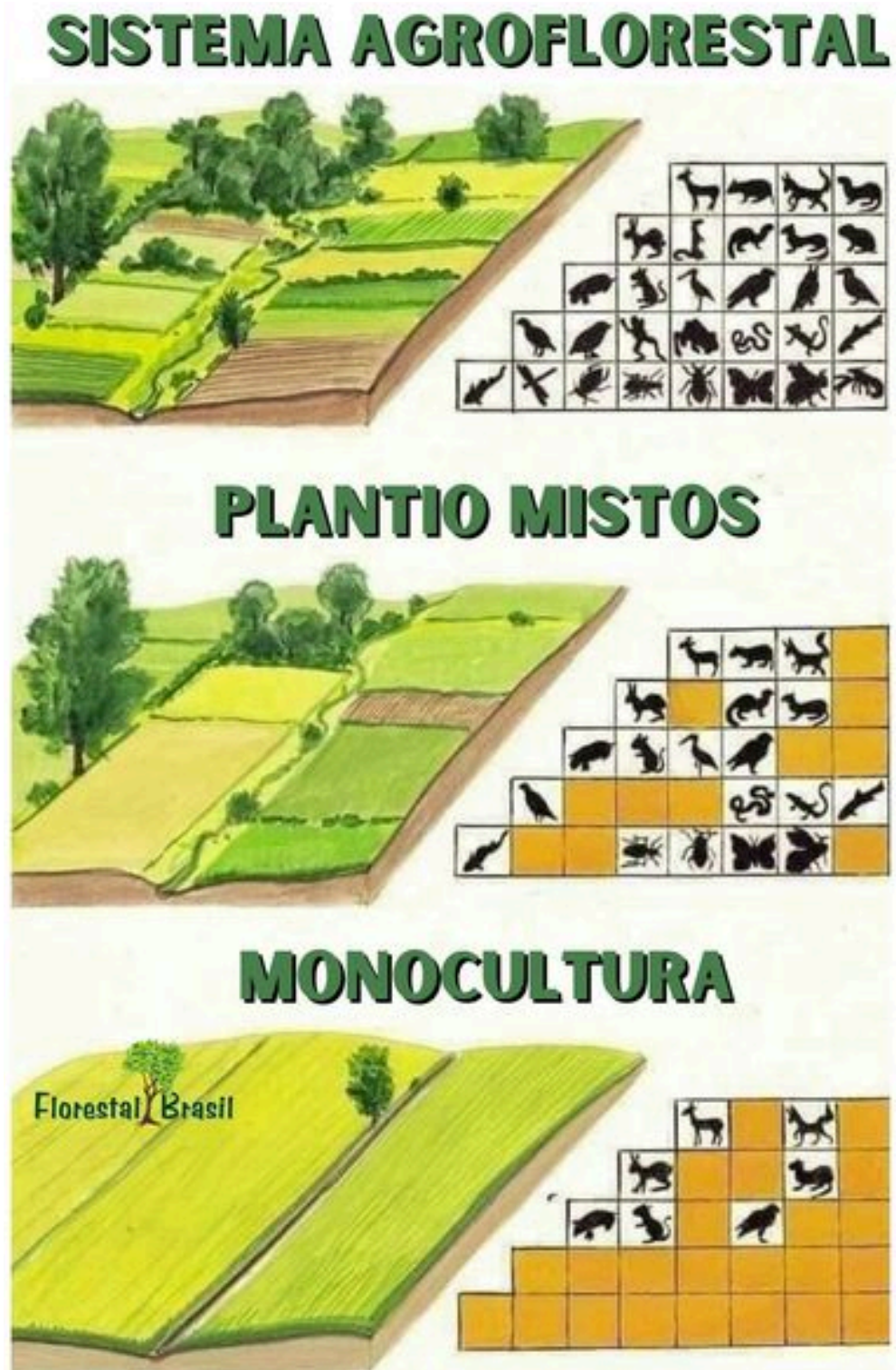


Figura 1. Diferentes sistemas de cultivos e a diversidade de fauna associada a cada um deles. Sistema agroflorestal – integra árvores, arbustos e culturas agrícolas, a representação da fauna é a mais diversificada, com uma grande variedade de espécies de mamíferos, aves, insetos e outros animais, indicando um ecossistema rico em biodiversidade. Plantio misto - cultivo com diferentes culturas plantadas, mas sem a presença significativa de árvores, a diversidade de fauna é menor que no sistema agroflorestal, mas ainda mostra uma boa variedade de espécies. Monocultura - um

sistema agrícola com apenas uma cultura cultivada extensivamente e intensivamente, a diversidade de fauna é a menor entre os três sistemas, com poucas espécies representadas, sugerindo um ecossistema menos equilibrado e mais vulnerável. **Fonte:** MONTEIRO, L.; MACENA, R.; BRASIL, A. Sistema Agroflorestal. *In:* Florestal Brasil, 2020.

3.1.2 Agroecologia

A agroecologia está para agricultura como uma solução ambiental, econômica e social. As organizações mundiais, como a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), impulsionam o método para assegurar a nutrição e o acesso a alimentos saudáveis, enquanto preserva na terra um equilíbrio essencial para os serviços ecossistêmicos, vide a polinização (FAO, 2019). Ainda, empregam ao sistema atividades para a melhoria na fertilidade do solo, por exemplo, cobertura de solo e rotação de culturas e controle mecânico ou biológico de pragas (Meemken; Qaim, 2018), a considerar a recuperação de áreas degradadas ao produzir alimentos (Ferreira *et al.*, 2021). Com maior destaque dessas produções: os SAFs e a agricultura biológica/orgânica.

A agricultura orgânica representava 1% - 51 milhões de hectares no ano de 2015 - das terras agrícolas mundiais (Meemken; Qaim, 2018). Está mais presente na produção de hortaliças. Obrigatoriamente se estabelece sem uso de fertilizantes sintéticos, produtos fitossanitários e Organismos Geneticamente Modificados (OGM). A técnica prioriza o uso de práticas naturais e sustentáveis, evitando o uso de agrotóxicos, criando um ambiente em que uma variedade de espécies coexista (Sidemo-Holm *et al.*, 2024).

Ao tempo que os SAFs (Figura 2), também, exercem relevância ambiental, social e econômica, pois unem a agricultura ou pecuária e a floresta (Ferreira *et al.*, 2021). Neste método, cultiva-se em consórcio no campo espécies de interesse comercial, leguminosas e arbóreas (madeireiras ou frutíferas). Os grãos costumam ser associados ao interesse comercial do sistema produtivo. Mercado, principalmente, pelo café sombreado (Silva *et al.*, 2022). Enquanto, as leguminosas são voltadas à geração de biomassa, para evitar dependência de insumos (Guimarães; Mendonça, 2019).

Ademais, as espécies arbóreas, que ao crescer, também fixam carbono. Elas têm potencial de longo ciclo, favorecendo a economia a longo prazo. Um exemplo é

a produção de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), que provém da cultura ancestral do campesinato caboclo (Costa, 2024). Eventualmente, essas espécies de grande porte são destinadas para reflorestamento, sobretudo, de áreas degradadas (Ferreira *et al.*, 2021). Além da responsabilidade pelo equilíbrio do clima local, porque minimizam as temperaturas extremas e a escassez da água em períodos de seca (Silva *et al.*, 2022).

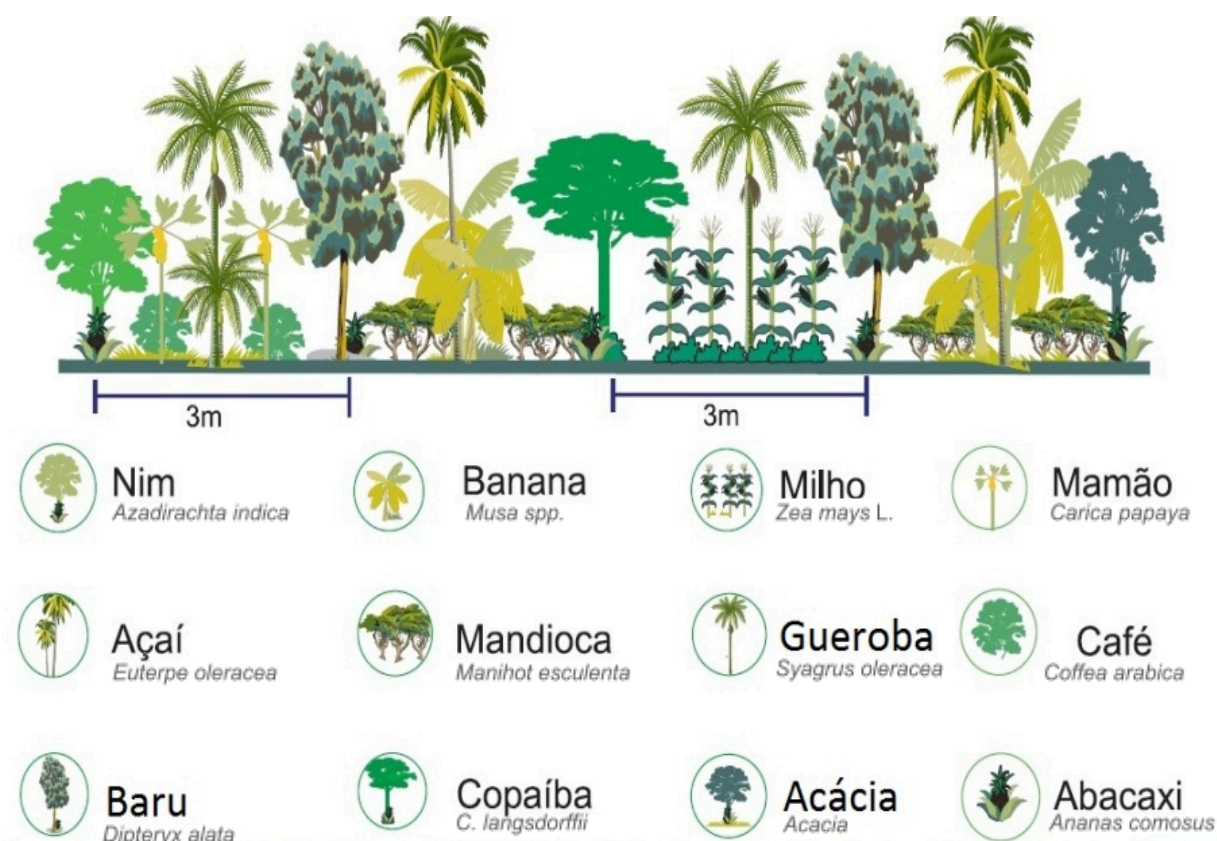


Figura 2. Esquematização da estratificação (espaço vertical) de um Sistema Agroflorestal Sintrópico com alta diversidade de espécies agrícolas. **Fonte:** Adaptado de LIMA, R. Sistemas Agroflorestais. In: Manual da Biologia, 2020.

Os nutrientes necessários para o desenvolvimento da lavoura são fornecidos através de meios orgânicos. No exemplo de SAFs de Agricultura Sintrópica os resíduos vegetais da sucessão de espécie contínua caem ao solo e independem de insumos químicos adicionados ao sistema (Guimarães; Mendonça, 2019). Mas, com disposição não controlada em comparação ao sistema convencional já solidado (Niggli, 2015). Além disso, sistemas agroecológicos e seus arredores comparados às explorações convencionais são espaços mais seguros para preservar a interação

planta-polinizador (Astegiano *et al.*, 2024). Pois, contam com menos poluentes por área (Meemken; Qaim, 2018) e operam como fragmentos seminaturais, ofertando abrigo à fauna (Silva *et al.*, 2022; Niggli, 2015).

A prática é considerada relevante, especialmente, para culturas de frutos silvestres, café e as azeitonas (*Olea spp.*) devido ao longo ciclo vegetal (Meemken; Qaim, 2018) com uma produção de menor impacto por área (Morais, 2021). A implementação do sistema requer planejamento por parte do agricultor para considerar na estrutura as espécies produzidas a curto, a longo prazo e as permanentes. O sistema demanda uso de espaços menores, cultivando espécies de diferentes estratos ao mesmo tempo, conforme afirma Silva *et al.* (2022). A dinâmica se modifica à medida das características edafoclimáticas e o mercado local.

Costa (2024) analisou na Amazônia o desenvolvimento contínuo da economia de SAFs por camponeses conforme suas singularidades ao longo de duas décadas, que demonstrou uma maior renda líquida do trabalho familiar proveniente dos SAFs de agricultura holística em sucessões em comparação a outras variações de SAFs (Costa, 2024). Esse resultado indica que a adoção de práticas agroflorestais sustentáveis pode aumentar a renda do pequeno produtor, se mostra relevante para o desenvolvimento econômico e social das comunidades camponesas na região.

O estímulo do consórcio com a criação de abelhas (*Apis ssp.*), de acordo com os apicultores da comunidade Riachão em Itainópolis - PI eleva a produção local de caju (*Anacardium occidentale* L.). Ora, trabalhadores que vinculam as atividades agrícolas e apícolas ao conter os custos com pesticidas e aumentar a produção de mel garantem um crescimento nos lucros e auxiliam na proteção dos sistemas (Martins *et al.*, 2020).

Além disso, dado o exemplo de Neto *et al.* (2018a) o cultivo orgânico protegido de tomates (*Solanum lycopersicum* L.) também oferece uma atividade economicamente viável aos pequenos produtores, aumentando o valor comercial da hortaliça e exigindo mais mão-de-obra por área. Enquanto para a diversidade, Fernandes *et al.* (2022) aponta os sistemas dos Guaranis da Serra do Mar (São Paulo, SP) com 65 variedades de plantas agrícolas na região, em destaque o milho, batata e o amendoim (*Arachis hypogaea* L.).

O perfil dos atuais produtores agroecológicos é o campesinato (Cabral, 2021). Ainda, cerca de 0,25% das terras indígenas demarcadas são campos agroflorestais que independem de insumos externos (Fernandes *et al.*, 2022). Segundo dados do

Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), há 16 mil cadastrados no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO), com o estado do Paraná liderando em número de produtores orgânicos regularizados (Brasil, 2024b). A crescente demanda por produtos que impactem menos o meio ambiente impulsiona essa tendência.

A FAO indica que a medida do aumento populacional, 80% dos alimentos adicionais que serão necessários para suprir a população terá de vir de áreas já cultivadas. Ou seja, é necessário um aumento de produção e diversidade de culturas nos cultivos já existentes. Visto que a expansão de monoculturas traz alto custo ambiental e social. (FAO, 2014). Em suma, a ecologia é como um fator adicional para os agricultores considerarem no planejamento agrícola (Rabeschini; Nunes; Pereja, 2024).

3.2 Polinizadores

A polinização é definida como um serviço ecossistêmico regulador que garante a produção de alimentos (IPBES, 2016). Logo, os polinizadores são os animais que realizam esse serviço. Carregam os grãos de pólen da parte masculina de uma flor para a feminina da mesma flor (autopolinização) ou outra do mesmo indivíduo (geitonogamia) ou diferente indivíduo da mesma espécie (xenogamia). De modo que resulte na fertilização e na produção de frutos e sementes (Klein *et al.*, 2020).

Cada grupo de polinizadores tem características e comportamentos específicos que os tornam essenciais para a reprodução de diversas plantas (Klein *et al.*, 2020), contribuindo para a biodiversidade e a produção agrícola. Os grupos de polinizadores são: os insetos polinizadores, composto por animais como as abelhas, borboletas, besouros e moscas, as aves polinizadoras, principalmente, os beija-flores, e os mamíferos polinizadores, com destaque aos morcegos nectarívoros (CGEE, 2017; Klein *et al.*, 2020). Dentre os grupos, há os polinizadores manejados, por exemplo a abelha *Apis mellifera* L. e, os silvestres. Todos possuem importância variando com a localização e as culturas (IPBES, 2016), apesar das abelhas e as moscas serem mais comuns (Klein *et al.*, 2020).

As abelhas são protagonistas no assunto, contribuindo em maior escala com produções distintas (IPBES, 2016). De acordo com Klein *et al.*, 2020 as abelhas se dividem em melíferas, que são eusociais e possuem grandes colônias – com milhares de indivíduos – mais conhecidas por produzir mel e cera, espécie exótica cujo comportamento é generalista e de fácil adaptabilidade, usualmente manejada para polinização comercial. As solitárias, que refere a um grupo diverso que abrange as abelhas silvestres que não vivem em colônias, inclui algumas abelhas carpinteiras e cortadeiras de hábito solitário. Os meliponídeos (*Melipona* ssp.), que são insetos sociais sem ferrão, formam colônias menores, devido a multiplicação vagarosa polinizam em escalas menores, mas são muito importantes para a polinização de muitas plantas nativas. Por fim, a mamangava, com organismos mais robustos, eficazes para polinizar flores maiores (Klein *et al.*, 2020).

A dieta dessas abelhas baseia-se nos recursos florais (pólen e néctar). Sua nutrição ocorre por meio de aminoácidos, vitaminas, minerais, proteínas e carboidratos presentes nas flores. O conteúdo nutricional varia de acordo com o que cada planta fornece (Donkersley *et al.*, 2014). Dito isso, uma alimentação monofloral tende reduzir os nutrientes em quantidades necessárias, o que contribui com a má nutrição (Tosi *et al.*, 2017). Todavia, quando alimentadas por combinações poliflorais aumentam sua sobrevivência e fisiologia (Di Pasquale *et al.*, 2013, Tosi *et al.*, 2017). Assim sendo, sua nutrição depende do uso da área ao entorno da colmeia ou abrigo, alterando a distribuição conforme a sensibilidade do organismo (Silva *et al.*, 2024).

A relação planta-polinizador também precisa da atratividade do cultivo para o polinizador, cuja variação altera conforme a necessidade da planta em ser polinizada por animal, com níveis de 1 a 5, sendo 1 o cultivo pouco ou nada atrativo e 5 altamente atrativo (Klein *et al.*, 2022). A interação e presença são impulsionadas pela diversidade florística (Rabeschini; Nunes; Pereja, 2024). Assim, supre os requisitos das espécies para suas necessidades, como alimentação e reprodução (Astegiano *et al.*, 2024). Por conseguinte, o uso da terra impacta os polinizadores agrícolas, conectando as características da paisagem com a ecologia nutricional dos organismos, uma vez que, a alteração da paisagem influencia a disponibilidade de habitat e de recursos alimentares, que dificulta os polinizadores de atender às suas necessidades energéticas e nutricionais (Donkersley *et al.*, 2014).

As culturas dependem de polinizadores em graus variados (Figura 3) (IPBES, 2016). A dependência está associada a correlação da produção com os

polinizadores, baixa – cuja ausência dos agentes polinizadores reduz 0% a 10% da produção, moderada – de 10% a 40%, alta – 40% a 90% reduzida e essencial – com mais de 90% (KLEIN *et al.*, 2020). A importância do serviço varia entre as culturas comerciais. Sendo que, quase 90% das plantas nativas com flores precisam da transferência de pólen realizada pelos polinizadores (IPBES, 2016). Para os cultivos, em torno de 75% precisam da polinização em algum nível (IPBES, 2016).



Figura 3. Dependência da polinização e dos grupos de polinizadores nos principais produtos agrícolas de interesse econômico no Brasil. **Fonte:** GODINHO *et al.* X Semana da Biologia UFABC. Universidade Federal do ABC, 2022.

3.2.1 Declínio dos Polinizadores

A Revolução Verde (final da década de 1960) impulsionou a disseminação de tecnologias agrícolas em busca do aumento de produção, efetiva por meio de maquinários e insumos químicos. Mas, a aplicação em larga escala de produtos químicos impactou significativamente os polinizadores (Lopes, 2020). Para além do controle de pragas, os organismos não-alvos foram atingidos. A toxicidade de agrotóxicos, como derivado de nicotina, afeta a sobrevivência e a constância das colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera scutellata*) (Tavares *et al.*, 2015). Do mesmo modo, a contaminação por inseticidas reduz o consumo de pólen e

aumenta a mortalidade de outros indivíduos (Schwarz *et al.*, 2024). Apesar de sua existência estar diretamente ligada a nós, visto que 75% dos alimentos dependem da polinização. (IPBES, 2016).

Um conjunto de fatores relacionados à mudança de uso do solo, também colaboram com o declínio dos organismos (Carreck, 2016). Como a redução da biodiversidade em razão da monocultura, que diminui a disponibilidade de habitats (Lebuhn; Luna, 2021). A diminuição de áreas naturais restringe os recursos alimentares disponíveis. E com a diversidade do pólen e néctar limitada qualitativamente causa má nutrição dos organismos (Schwarz *et al.*, 2024). A FAO (2019) aponta que 17% da diversidade de polinizadores vertebrados sofre de ameaça devido a diminuição ou extinção floral. O declínio de polinizadores é uma ameaça à alimentação e à biodiversidade, levando em conta a abundância e eficiência desses organismos (IPBES, 2016).

3.3 Produtividade dos Sistemas

Uma comunidade com diversidade de polinizadores garante colheitas mais eficazes e estáveis (IPBES, 2016). Com intuito de reverter os riscos aos polinizadores e consequentemente, garantir alimentos futuros de qualidade ao promover agroecossistemas com maior diversidade (Borghino *et al.*, 2024). Há maior eficácia de polinização com a diversidade de polinização, que se deve à rede de interações em um nível mais elevado do serviço (Gemmill-Herren *et al.*, 2020). Possibilita otimizar o sistema, mas não maximizar a produção (Bezerra *et al.*, 2019).

Estudos associam que a produção reduzida de frutos ou deformidades são em razão da polinização insuficiente na agricultura. No entanto, quanto à produção, ainda há relações claras sobre o impacto dos apiários próximos às produções em comparação com os mais distantes (Martins *et al.*, 2020).

Há capacidade dos sistemas sustentáveis de produzir alimentos em quantidades significativas (Borghino *et al.*, 2024). Entretanto, apresentam menor rendimento comparados à agricultura convencional (Borghino *et al.*, 2024; Moraes, 2020). Borghino *et al.* (2024) sugere que em simulação de larga escala a mudança no método de produção de alimentos cairia cerca de 40%, com uma variação de 59% a 11%. As variações produtivas se dão de acordo com escalas. Ainda assim, a maioria das projeções alcançaria a autossuficiência alimentar, suprimindo a dieta da

população (Borghino *et al.*, 2024). Em Meemken e Qaim (2018) frutos e leguminosas em culturas biológicas têm rendimento com média de 13% abaixo dos convencionais. O produto pode ser de volume menor devido a diminuição de plantas em áreas compartilhadas (Silva *et al.*, 2020).

Por exemplo, na região norte do Brasil, a produção do açaí e a farinha de mandioca em SAFs são responsáveis por cerca de 60% do faturamento da produção dos camponeses caboclos nas últimas duas décadas. A planta nativa harmoniza com a floresta de pé, pois grande parte sucede de sistemas agroflorestais (Costa, 2024). Portanto, embora a agricultura sustentável possa ter um impacto negativo inicial na quantidade de produção, sua capacidade de suportar dietas adequadas para a população, aliada aos benefícios ambientais, indica que pode ser viável a longo prazo para um sistema alimentar equilibrado.

3.4 Polinizadores Agrícolas nos Agroecossistemas

A questão dos polinizadores em agroecossistemas abrange aspectos sociais, econômicos, de segurança alimentar e ambientais. Em um sistema agrícola os polinizadores são considerados parte da biodiversidade associada: que estão ou vivem no sistema ou no seu entorno e se alimenta ou colabora para a produção (FAO, 2019). O serviço garantido por eles viabiliza variação genética nas lavouras, por conta do fluxo gênico resultado da dispersão de pólen (Klein *et al.*, 2022). Além da polinização cruzada suceder maiores taxas de frutificação (Bezerra, 2014).

As plantas secundárias cultivadas em um sistema biodiverso são atrativos de polinizadores (Gemmill-HERREN *et al.*, 2020), pois varia os habitats com diversidade de recursos alimentares, permitindo que mais espécies coexistam e se estabeleçam. Como o caso de plantas cujas flores fornecem óleos vegetais para abelhas solitárias usarem de matéria-prima em seus ninhos e alimentação das crias (CGEE, 2017). Deste modo, a riqueza de espécies agrícolas colabora com a interação entre uma maior riqueza de polinizadores (Figura 4) (Astegiano *et al.*, 2024). Dito isso, os consórcios propostos nos modelos agroecológicos combinam intencionalmente culturas com diferentes características florais e atrativas às visitas para si e suas vizinhas para se beneficiarem dos recursos florais. A elevada diversidade florística,

também, garante complementariedade de nicho, menor competição por visitantes e especialização (Rabeschiini; Nunes; Pereja, 2024).

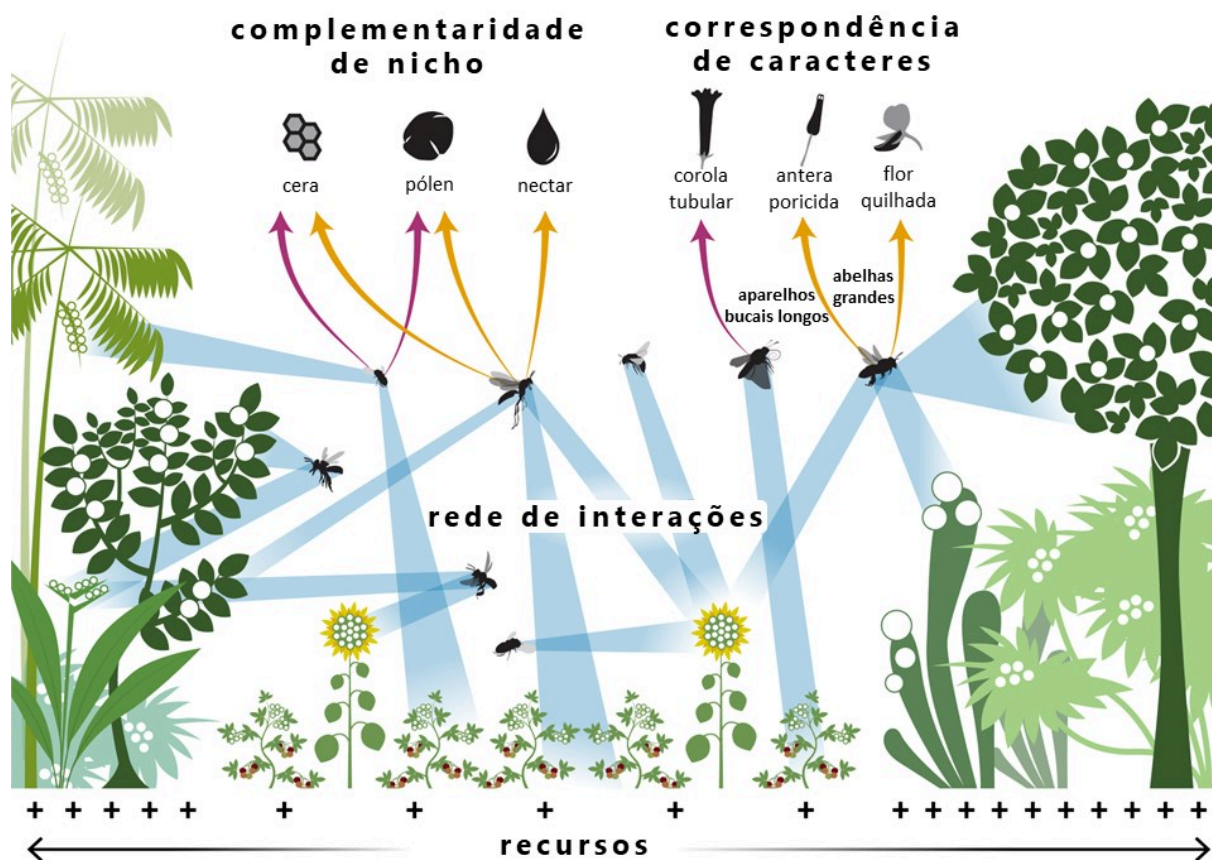


Figura 4. Ecologia da polinização, a figura ilustra a rede de interações entre polinizadores e plantas em um agroecossistema, destacando a complementaridade de nicho (com múltiplos produtos) e a correspondência de caracteres reflexo da coevolução. **Fonte:** Rabeschiini *et al.*, 2024.

A biodiversidade torna o meio de produção mais resiliente, além de ser fundamental para os esforços no aumento da produção (FAO, 2019). Proteger a biodiversidade no campo garante que as abelhas e a produção sobrevivam. A exposição química reduz em sistemas agrícolas sem uso de agrotóxicos. Além de, uma maior diversidade agrícola assegurar mais variedade de produtos (Cabral, 2021). Enquanto, a conservação da polinização em agroecossistemas atribui a diversidade de culturas no campo (Rabeschiini; Nunes; Pereja, 2024).

Por outro lado, espécies agrícolas com generalistas podem ter menos interações com polinizadores, demonstrando um aumento de especialização dos polinizadores em paisagens mais biodiversas (Astegiano *et al.*, 2024). Os padrões de interações são modificados de acordo com a heterogeneidade da paisagem

(Astegiano *et al.*, 2024). Os polinizadores se movem entre manchas naturais e seminaturais, quanto mais habitats, maior a chance de utilizarem as manchas (Gemmill-Herren *et al.*, 2020).

Assim, enquanto a especialização dos polinizadores em paisagens biodiversas destaca a importância da heterogeneidade ambiental para a interação entre plantas e polinizadores, a dominância das abelhas no processo de polinização agrícola revela potencial, promovendo tanto a biodiversidade quanto a eficiência produtiva das culturas. A dominância das abelhas no processo de polinização agrícola (Figura 5) está intimamente ligada ao número de plantas nativas polinizadas. Pois trata-se do grupo com mais relação de dependência com os recursos florais, por isso polinizam muitas flores. De acordo com Martins *et al.* (2020), estimular a criação de abelhas favorece a produção agrícola, além de prevenir a descaracterização de áreas nativas e preservar as populações de polinizadores (Azevedo, 2016). No entanto, cerca de metade dos produtores percebe déficits de polinização em suas lavouras (Breeze *et al.*, 2019). Ainda assim, a produção de abelhas cresce vagarosamente em comparação com as culturas que dependem da tarefa (Azevedo, 2016).

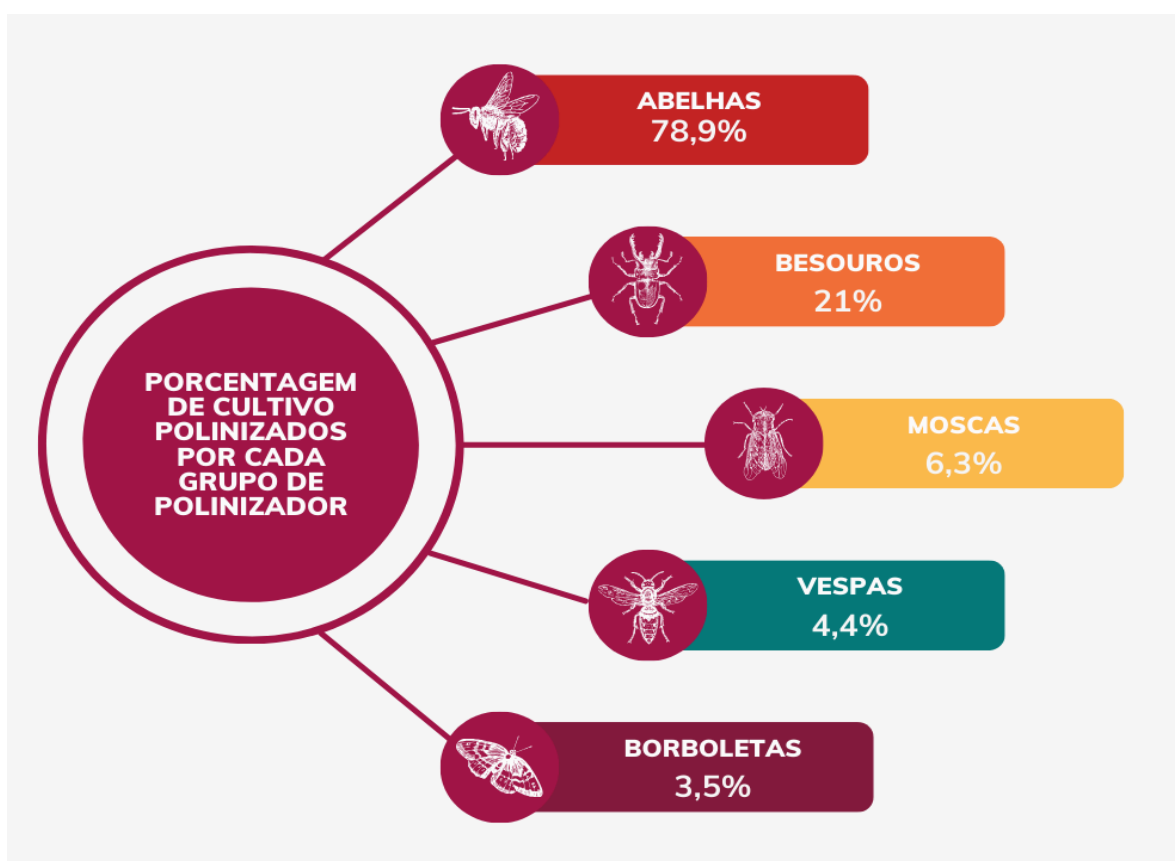


Figura 5. Porcentagem de cultivos polinizados pelos principais grupos de polinizadores. **Fonte:** Elaboração própria adaptado de CGEE, 2017.

Uma pesquisa conduzida no estado do Rio Grande do Norte revela que várias espécies vegetais da Caatinga florescem durante a estação seca, garantindo uma fonte de alimento constante para as abelhas nativas, conforme a correspondência de caracteres (Neto *et al.*, 2018b). Contudo, a fragmentação do bioma representa uma ameaça significativa, pois o estresse nutricional contribui para o desaparecimento das colônias. Com recursos limitados de néctar e pólen, as abelhas precisam voar maiores distâncias para se alimentar, dificultando o retorno seguro às colônias. A sobrevivência das abelhas nativas depende da preservação de habitats ricos em espécies vegetais, e de práticas de gestão locais que possam reduzir os impactos negativos da agricultura intensiva e monoculturas, como promovido pela agroecológica (Neto *et al.*, 2018b).

Ao menos 250 espécies vegetais agrícolas são polinizadas por abelhas nativas. Ainda, a integração da meliponicultura em Sistemas Agroflorestais, condiz com a conservação da natureza, garante o uso racional dos recursos naturais e um desenvolvimento sustentável (Gemim; Silva, 2017). Visto que o uso e ocupação da terra limita o desenvolvimento de atividades melíponas (Neto *et al.*, 2018b).

Em SAFs há reprodução de microclimas favoráveis para incorporação de colmeias, então a riqueza de espécies de abelhas tende a ser maior em fragmentos florestais de maior tamanho. Em razão da exigência das abelhas sem ferrão serem mais sensíveis aos fatores climáticos e florísticos do habitat. Gemim; Silva (2017) demonstram potencial positivo para inserção em SAFs no oeste do Pará, de modo eficaz para a preservação desses organismos. Acrescentam que devido a singularidade do mel de abelhas nativas, comercialmente é atribuído um maior valor econômico ao produto.

De fato, a contribuição econômica das abelhas é inegável, já que elevam o valor econômico de colheitas. Destacando o papel crucial das abelhas na sustentabilidade e lucratividade dos sistemas agroflorestais. Dito isso, a valoração econômica da polinização é calculada a partir dos fatores de dependência de cada cultura e o valor de produção anual. De acordo com o CGEE (2017), os polinizadores representam aproximadamente 1/10 do valor global da agricultura por ano. Isso é particularmente relevante para culturas agrícolas onde a polinização não

é obrigatória, mas aumenta significativamente o rendimento na presença de polinizadores (CGEE, 2017). Além disso, até mesmo em plantas que geralmente dependem do vento para polinização, as abelhas podem melhorar a produtividade, incrementando a produção de espécies cuja dependência não é alta. (Tabela 1).

Tabela 1. Diversidade de espécies de abelhas (visitantes florais) nas principais culturas agrícolas no Brasil e América do Sul entre 2012 e 2017 e seu nível de dependência.

Cultura Agrícola	Dependência	Atratividade	Riqueza
Soja (<i>Glycine Max</i>)	Moderada	4	20
Milho (<i>Zea mays</i>)	Sem dependência	2	-
Frutas cítricas (<i>Citrus spp.</i>)	Baixa	4	13
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	Sem dependência	1	-
Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i>)	Moderada	4	52
Café (<i>Coffea arabica</i>)	Moderada	4	24
Feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Baixa	4	5
Açaí (<i>Euterpe oleracea</i>)	Alta	5	6
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	Baixa	3	50
Cacau (<i>Theobroma cacao</i>)	Essencial	4	2
Uva (<i>Vitis vinífera</i>)	Sem dependência	2	-
Mamão (<i>Carica papaya</i>)	Baixa	4	4
Manga (<i>Mangifera indica</i>)	Alta	4	5
Maracujá (<i>Passiflora edulis</i>)	Essencial	4	38
Maçã (<i>Malus domestica</i>)	Alta	4	5

Fonte: Elaboração própria adaptado de Klein *et al.*, 2022.

O modo de produção exerce uma influência significativa sobre a riqueza de polinizadores nas culturas. Culturas como algodão e maracujá, que apresentam uma maior riqueza de polinizadores, beneficiam-se devido à alta atratividade do sistema, por conta da sua floração concentrada. Enquanto, o tomate pode justificar a riqueza de abelhas em virtude ao manejo desses organismos e sua ampla distribuição geográfica. Assim como a soja, pois são produzidos em plantações abertas, que

acabam não fornecendo recursos para nidificação, quanto em sistemas agroflorestais (Klein *et al.*, 2022).

Culturas com alta dependência e atratividade, como o açaí e o cacau, que são cultivadas em SAFs, podem ter uma riqueza de polinizadores mais baixa por efeito da especialização do polinizador em relação à planta. Por outro lado, culturas como uva, milho e arroz, com pouca ou nenhuma dependência de polinizadores, têm baixa atratividade e sustentam a menor riqueza de espécies polinizadoras. O estudo de Klein *et al.* (2022) revelou que os gêneros *Centris* e *Xylocopa* foram os mais frequentes nas visitas às culturas, demonstrando como diferentes práticas agrícolas e tipos de culturas influenciam a biodiversidade de polinizadores.

A polinização adequada pode elevar a produção e a qualidade de frutas, nozes, óleos e fibras (Giannini *et al.*, 2015), contribuindo com um aumento de produtividade por área plantada, sem necessidade de expansão territorial (CGEE, 2017). Esse serviço é responsável por aproximadamente 30% da renda agrícola anual total das culturas (Giannini *et al.*, 2015). Por exemplo, na produção de melão (*Cucumis melo* L.) a falta da abelha canudo (*Scaptotrigona Depilis*) pode suceder em um declínio de mais de 90% da produtividade (Bezerra, 2014). Da mesma forma, na produção de tomate, a introdução de ninhos de Mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*), tem demonstrado melhorias na qualidade dos frutos. O estudo desenvolvido por Guimarães (2018) em Araguari, MG, revelou que a massa e o número de sementes dos frutos aumentaram significativamente em sistemas com livre visitação de polinizadores, em comparação com a autopolinização.

Contudo, a modificação das estruturas ambientais e de cultivo acelera o declínio dos polinizadores. Que, quando ausentes reduz as produções globais de frutas em 22,9%, nozes e sementes em 22,1% e vegetais em 16,3% (Smith *et al.*, 2015). Aos humanos, pode causar deficiências em vitamina A, agravando as mortes globais anuais por doenças não transmissíveis e relacionadas à desnutrição em 1,42 milhão, devido à deficiência de micronutrientes e doenças crônicas, aumentando a vulnerabilidade da vida humana. Além disso, muitas pessoas em países de baixa renda, que já consomem quantidades inadequadas de nutrientes em suas dietas, estariam sujeitas a novos declínios no fornecimento de alimentos essenciais (Smith *et al.*, 2015).

Em acréscimo, Oliveira (2017) mostra que a visita de insetos pode aumentar a produtividade dos grãos de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) em 12% a 47%.

Do mesmo modo, a produtividade de canola é positivamente influenciada pela diversidade de abelhas e revela correlação favorável entre áreas seminaturais e a riqueza de abelhas nativas (Oliveira, 2017).

A conservação de manchas de vegetação natural e a manutenção da diversidade vegetal nas proximidades das culturas são essenciais para preservar as abelhas silvestres em diferentes modelos de produção (Astegiano et al., 2024). Lavouras de batata situadas próximas a fragmentos ou manchas florestais apresentam uma maior riqueza de abelhas em comparação com monoculturas ou cultivos combinados com outras culturas. A polinização mediada por insetos decai conforme se distância da borda da floresta, principalmente devido à menor disponibilidade de locais de nidificação e fontes de alimento fornecidas pelos fragmentos, um fenômeno conhecido como efeito de borda (Sepúlveda-Cano; Smith-Pardo; Hoyoss, 2017). Áreas naturais próximas aos cultivos atuam como fontes de polinizadores silvestres, beneficiando as culturas agrícolas e aumentando o lucro dos agricultores (CGEE, 2017). Adicionalmente, a maior heterogeneidade da paisagem promove a diversidade de espécies de polinizadores (Astegiano et al., 2024).

3.5 ODS: Fome Zero e Agricultura Sustentável

Dentre os 17 ODS (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável) da Agenda 2030 propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) (Figura 6) como plano de ação para tornar o mundo mais igualitário dentro dos limites da Terra, a produção com base na diversificação de cultivares e polinizadores se enquadra no objetivo 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável. Os objetivos se fundamentam nos pilares de proteção ao ambiente, equidade social e crescimento econômico. Tendo em vista os seis caminhos indicados pela FAO para transformar o sistema alimentar mundial: integrar políticas sociais, resiliência nos sistemas de produção, resiliência na economia, redução de custos dos alimentos, combate às desigualdades sociais, padrões alimentares de qualidade para o consumidor e o meio ambiente.



Figura 6. Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para atingir a Agenda 2030 que busca erradicar a pobreza, preservar o meio ambiente e o clima, e assegurar que todas as pessoas vivam em paz e com prosperidade. **Fonte:** ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil, *In:* Nações Unidas do Brasil, 2023.

FAO (2021) relata que os sistemas quando transformados com resiliência e variabilidade são capazes de fornecer alimentos de qualidade e acessíveis para população. Esta transformação também inclui a reabilitação de terras degradadas, como pastos estéreis convertidos em áreas cultiváveis sustentáveis (Brasil, 2024a). Sem contar o elevado potencial de redução de emissão de GEE da agricultura biológica, com uma contribuição para mitigar mudanças climáticas globais (Moraes, 2020). Atuando como uma base para combater a fome, a insegurança alimentar e promover a agricultura ecologicamente correta para todos.

Em 2019, aproximadamente três bilhões de pessoas, especialmente aquelas de baixa renda em todas as regiões do mundo, não tiveram acesso a dietas saudáveis (FAO, 2021). Ainda que a perda e desperdício de alimentos esteja por volta de 30% da produção mundial de alimentos (Borghino *et al.*, 2024). Seria necessário uma menor produção de alimentos se houvesse menos desperdício ao longo da cadeia. Em que seria possível alimentar o mundo com menos rendimento e incrementação de habitats (Meemken; Qaim, 2018).

A visão de alimentação e agricultura sustentáveis é a de um mundo onde os alimentos sejam nutritivos e acessíveis a todos, e os recursos naturais sejam geridos de maneira que preservem as funções dos ecossistemas, como a biodiversidade das

interações planta-polinizador (Rabeschini *et al.*, 2024), atendendo às demandas presentes e futuras (FAO, 2014). Ademais, os produtores e moradores rurais precisam ter a oportunidade de participar ativamente e ser beneficiados economicamente, com condições de trabalho dignas e remuneração justas (FAO, 2014).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sobrevivência da polinização depende da diversidade floral. Além de ser necessário haver diversidade agrícola para diferenciação de nichos (recursos alimentares) aos polinizadores. Nota-se a dependência mútua entre planta-polinizador, visto que o aumento de diversidade de um aumenta na medida do outro. Conforme importância da biodiversidade de polinizadores e sua relação com a produtividade agrícola, destaca-se sua preservação como essencial para a manutenção dos ecossistemas e produções agrícolas.

O crescimento dos produtores que visam melhores desempenho através do aprimoramento dos processos produtivos e para a continuidade da produção agrícola é muito importante para modificar o cenário ambiental global. Rosset *et al.* (2014) afirma que a transição para sistemas menos impactantes deve se estabelecer a fim de beneficiar economicamente os produtores, o ambiente e a saúde de quem consome.

Apesar de sugestões para ampliação dos sistemas agroecológicos como medida ambiental (Borghino *et al.*, 2024) contornando os impactos como a diminuição de polinizadores e segurança alimentar, os dados atuais de produção não bastam ao setor. O maior desafio das práticas sustentáveis é unir-se à produtividade (Niggli, 2015). A produção convencional em números superiores à agroecológica pode estar relacionada há anos com investimentos financeiros e em estudos à frente dos esforços sustentáveis. Muitos são os desafios para sua implementação, observa-se que há maior tendência às produções convencionais, devido à praticidade no cultivo com controle químico

Fatores ecológicos devem fazer parte dos futuros planejamentos agrícolas (Rabeschini *et al.*, 2024). Melhorar e reestruturar o sistema alimentar requer medidas adicionais para suprir a necessidade da população global (Morais, 2021). Combinações entre métodos podem contribuir com aumento de produtividade sustentável (Meemken; Qaim, 2018). O aumento da produção agrícola no Brasil só será possível com respeito às necessidades socioambientais do país. A adoção de práticas menos prejudiciais promete evitar um colapso ambiental.

Em virtude dos fatores, tem-se a percepção de que a adoção de práticas agrícolas que respeitem e integrem os princípios da agroecologia pode ser vista como um caminho promissor para o futuro da agricultura. Isso não apenas garante a

produtividade suficiente a longo prazo, mas também a conservação dos recursos naturais. A reforçar a ideia de que produções agrícolas sustentáveis são uma necessidade urgente. Visto que, somente com adoção de práticas, políticas públicas e investimentos em pesquisas que apoiem essa transição para sistemas agrícolas mais sustentáveis em maior escala será possível prosperar e preservar os recursos naturais essenciais.

REFERÊNCIAS

- ALAUX, C.; DANTEC, C.; PARRINELLO, H.; LE CONTE, Y. **Nutrigenomics In Honey Bees: Digital Gene Expression Analysis Of Pollen's Nutritive Effects On Healthy And Varroa-Parasitized Bees**. BioMed Central - BMC Genomics, v. 12, p. 1-14, 2011. DOI: 10.1186/1471-2164-12-496.
- ASTEGIANO, J.; CARBONE, L.; ZAMUDIO, F.; TAVELLA, J.; ASHWORTH, L.; AGUILAR, R.; BECCACECE, H. M.; MULIERI, P. R.; NOLASCO, M.; TORRETTA, J. P.; VALVIÑO, A. **Diversifying Agroecological Systems: Plant-Pollinator Network Organisation and Landscape Heterogeneity Matter**. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 361, p. 108816, 2024. DOI: 10.1016/j.agee.2023.108816.
- AZADI, H.; SCHOONBEEK, S.; MAHMOUDI, H.; DERUDDER, B. **Organic Agriculture And Sustainable Food Production System: Main Potentials**. Agriculture, Ecosystems And Environment, Amsterdam, v. 144, p. 92-94, 2011. DOI: 10.1016/j.agee.2011.08.001.
- AZEVEDO, A. R. **Produção De Alimentos E Mudanças Climáticas: a Importância da Agroecologia e da Apicultura como Alternativas para Mitigação de Impactos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.
- BELCHIOR, D. C. V.; SARAIVA, A. S.; LÓPEZ, A. M. C.; SHEIDR, G. N. **Impactos De Agrotóxicos Sobre O Meio Ambiente E A Saúde Humana**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 34, n. 1, p. 135-151, 2017.
- BEZERRA, A. D. M. **Uso da Abelha Canudo (*Scaptotrigona* sp. nov.) na Polinização do Meloeiro (*Cucumis melo*) em Ambiente Protegido**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, 2014.
- BEZERRA, L. P.; FRANCO, F. S.; SOUZA-ESQUERDO, V. F.; BORSATTO, R. **Participatory Construction in Agroforestry Systems in Family Farming: Ways for the Agroecological Transition in Brazil**. Agroecology and Sustainable Food Systems, v. 43, p. 180-200, 2019. DOI: 10.1080/21683565.2018.1509167.

BORGHINO, N.; WISSINGER, L.; ERB, K. H.; MOUEL, C. L.; NESME, T. **Organic Farming Expansion And Food Security: A Review of Foresight Modeling Studies**. *Global Food Security*, v. 41, p. 100765, 2024. DOI: 10.1016/j.gfs.2024.100765.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Lei dos Agrotóxicos**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, n. 7.802, p. 11.459, 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balança Comercial do Agronegócio – Dezembro/2023**. Secretaria de Comércio e Relações Internacionais, Departamento de Negociações e Análises Comerciais, 2024a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. Brasília: MAPA, 2024b.

BREEZE, T. D.; BOREUX, V.; COLE, L.; DICKS, L.; KLEIN, A. M.; PUFAL, G.; BALZAN, M. V.; BEVK, D. BORTOLOTTI, L. PETANIDOU, T.; MAND, M.; PINTO, M. A.; SCHEPER, J.; STANISAVLJEVIĆ, L.; STAVRINIDES, M. C.; TSCHEULIN, T.; VARNAVA, A.; KLEIJN, D. **Linking Farmer and Beekeeper Preferences with Ecological Knowledge to Improve Crop Pollination**. *People and Nature*, v. 4, n. 4, p. 417-589, 2019. DOI: 10.1002/pan3.10055.

CABRAL, A. A. O. **Reforma Agrária no Brasil: a Reforma (Im)Possível**. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, 2021. DOI: 123456789/24010.

CARRECK, N. **Chapter 5 – Declive of Bees and Other Pollinators**. In: SHRODER, J. F.; SIVANPILLAI, R. *Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters*, p. 109-118, 2016. DOI: 10.1016/B978-0-12-394847-2.00008-5.

CEPEA. **PIB do Agronegócio Fecha 2023 Com Queda de 2,88%**. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Piracicaba, 2024.

CGEE. **Importância dos Polinizadores na Produção de Alimentos e na Segurança Alimentar Global**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, p. 124, 2017.

COSTA, F. A. **The Economy of Agroforestry Systems in the Amazon: a critical trajectory for sustainable development (1995-2017)**. *Economia e Sociedade* v. 33, n. 2, 2024.

DECOURTYE, A.; CEDRIC, A.; ODOUX, J. F.; MICHAEL, H. **Why Enhancement Of Floral Resources In Agro-Ecosystems Benefit Honeybees And Beekeepers?** In: GRILLO, O.; VENORA, G. (Ed.). *Ecosystems Biodiversity*, p. 371-388, 2001. DOI: 10.5772/24523.

DI PASQUALE, G.; SALIGNON M.; LE CONTE Y.; BELZUNCES L. P.; DECOURTYE, A.; KRETZSCHMAR, A.; SUCHAIL, S.; BRUNET, J. L. **Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter?** *PLOS one* (Ed. 8), v. 8, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0072016.

DONKERSLEY, P.; RHODES, G.; PICKUP, R. W.; JONES, K. C.; WILSON, K. **Honeybee Nutrition Is Linked To Landscape Composition**. *Ecology and Evolution*, v. 4, p. 4195-4206, 2014. DOI: 10.1002/ece3.1293.

FAO. Comission on Genetic Resources for Food and Agriculture Roma. **The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture**. Ed. 1. FAO, Roma, 2019.

FAO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2021: The World is at a Critical Juncture**. FAO, Roma, 2021.

FERNANDES, L. M.; VISCHER, A. M.; COUTO, H. T. Z.; MARCUSO, G. M.; RIGHI, C. A. **Indigenous Agriculture at the Beginning of the Twenty-first Century: the Guaraní Mbyás Minority Conserves Ethnoknowledge and Agrobiodiversity within the Remnants of the Brazilian Atlantic Forest**. *Agroforestry Systems*, v. 96, n. 8, p. 1211-1224, 2022. DOI: 10.1007/s10457-022-00780-5.

FERREIRA, C. C.; JAEGGI, M. E. P. C.; MOREIRA, T. B. R.; SOUZA, M. N.; RODRIGUES, D. D.; FONSECA, F. A.; ZAMPIERI, F. G.; MOREIRA, C. G.; ZACARIAS, A. J.; SOUZA, I. I. M. **Cafeicultura: Recuperação de Áreas Degradadas e Uso de Práticas Agroecológicas no Manejo do Café em Região de Montanhas**. In: SOUZA, M. N. (Ed). *Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas*. Mérida, p. 73-126, 2021. DOI: 10.4322/mp.978-65-991393-6-9.c3.

GEMIM, B. S.; SILVA, F. A. M. **Meliponicultura em Sistemas Agroflorestais: Alternativa de Renda, Diversificação Agrícola e Serviços Ecosistêmicos.**

Revista Brasileira de Agroambiente, v. 11, n. 4, p. 261-372, 2017. DOI:

10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4156.

GEMMILL-HERREN, B.; MARTINS, D.; KINUTHIA, W.; ODHIAMBO, C.; DEVKOTA, K. **Conservation of Natural and Semi-natural Habitat Providing Resources for Pollinators.** Towards Sustainable Crop Pollination Services, p. 151, 2020.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.;

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil.** Journal of Economic Entomology, v. 108, p. 849-57, 2015. DOI: 10.1093/jee/tov093.

GUIMARÃES, B. M. C. **Polinização por Abelhas em Cultivo Convencional e Agroflorestal.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. DOI: 10.14393/ufu.di.2018.1308.

GUIMARÃES, L. A. O. P.; MENDONÇA, G. C. **Agricultura Sintrópica (Agrofloresta Sucessional): Fundamentos e Técnicas para uma Agricultura Efetivamente Sustentável.** Incaper em Revista, Vitória, v. 10, p. 6-21, 2019.

IPBES. **The Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production.** Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Alemanha, p. 552, 2016. DOI: 10.5281/zenodo.3402856.

KAMIYAMA, A.; MARIA, I. C.; SOUZA, D. C. C.; SILVEIRA, A. P. D. **Percepção Ambiental dos Produtores e Qualidade do Solo em Propriedades Orgânicas e Convencionais.** Bragantia, Campinas, v. 70, n. 1, p. 176-184, 2011. DOI: 10.1590/S0006-87052011000100024.

KLEIN, A. M.; FREITAS, B. M.; BOMFIM, I. G. A.; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; OLIVEIRA, M. O. **A Polinização Agrícola por Insetos no Brasil um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas.** Nature Conservation and Landscape Ecology, 2020. DOI: 10.6094/UNIFR/151237.

LEBUHN, G.; LUNA, J. V. **Pollinator Decline: What do We Know About the Drivers of Solitary Bee Declines?** *Current Opinion in Insect Science*, v. 46, 2021. DOI: 10.1016/j.cois.2021.05.004.

LOPES, R. A.; SALES, N. I. S.; EPIFANIO, M. L. F. G. **Contexto Histórico da Atividade Apícola como Prática Agroecológica e sua Expansão no Cerrado do Norte Goiano.** *Cadernos de Agroecologia*, São Cristóvão, v. 15, n. 2, 2020.

MARCHI, G.; REIS, J. C.; SILVA NETO, S. P.; PEREIRA, C. D. **Aspectos Econômicos da Produção de Soja com o Uso de Remineralizadores e Bioinsumos no Cerrado.** Embrapa Cerrados (Ed. 22), Planaltina, 2024.

MARTINS, A. M. L. B.; SOUSA, J.; SANTOS, K. P.; BASTOS, E. M.; LIMA, A. S. **A Importância das Abelhas na Polinização do Cajueiro na Localidade Riachão – Itainópolis – PI.** *Cadernos de Agroecologia*, São Cristóvão, v. 15, n. 2, 2020.

MEEMKEN, E. M.; QAIM, M. **Organic Agriculture, Food Security, and the Environment.** *Annual Review of Resource Economics*, v. 10, p. 39-63, 2018. DOI: 10.1146/annurev-resource-100517-023252.

MIRANDA, R. A. **Breve História da Agropecuária Brasileira.** In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A.; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. P. (Ed.). *Dinâmica Da Produção Agropecuária e da Paisagem Natural no Brasil nas Últimas Décadas: Cenário Histórico, Divisão Política, Características Demográficas, Socioeconômicas e Ambientais.* Brasília: Embrapa, v. 1, cap. 2, p. 31-57, 2020.

MORAES, R. F. **Agrotóxicos no Brasil: Padrões de Uso, Política da Regulação e Prevenção da Captura Regulatória.** Texto para Discussão (TD) 2506. Brasília: IPEA, 2019.

MORAIS, T. G.; TEIXEIRA, R. F. M.; LAUK, C.; THEURL, M. C.; WINIWARTER, W.; MAYER, A.; KAUFMANN, L.; HABERT, H.; DOMINGOS, T.; ERB, K. H. **Agroecological Measures and Circular Economy Strategies to Ensure Sufficient Nitrogen for Sustainable Farming.** *Global Environmental Change*, v. 69, p. 102313, 2021. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2021.102313.

NETO, A. S. M.; POCIANO, N. J.; SOUZA, P. M.; GRAVINA, G. A.; DAHER, R. F. **Custos, Viabilidade e Riscos da Produção de Tomate Orgânico em Ambiente Protegido**. Revista Ciência Agronômica v. 49, p. 584-591, 2018a. DOI: 10.5935/1806-6690.20180066

NETO, C. A. L. F.; AMARAL, X. S. A.; JAFFÉ, R.; SOUSA F. A. S.; CÂNDIDO G. A. **Pontos Críticos de Agroecossistemas Melíponas no Semiárido Norte-Rio-Grandense do Brasil**. Sociedade & Natureza, v. 30, n. 1, 2018b. DOI: 10.14393/SN-v30n1-2018-5.

NIGGLI, U. **Sustainability of Organic Food Production: Challenges and Innovations**. Proceedings of the Nutrition Society, v. 74, n. 1, p. 83-88, 2015.

NOBRE, M. M. OLIVEIRA, I. R. **Agricultura de Baixo Carbono: Tecnologias e Estratégias de Implantação**. Embrapa, Brasília, p. 148, 2018.

OLIVEIRA, R. H. **Polinizadores de Canola: Perspectivas para o Manejo Sustentável de Insetos, Produtividade de Grãos e Mudanças Climáticas**. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

PIMENTEL, D.; BERARDI, G.; FAST, S. **Energy Efficiency Of Farming Systems: Organic And Conventional Agriculture**. Agriculture, Ecosystems, Environment: Nova York, v. 9, n. 4, p. 359-372, 1983. DOI: 10.1016/0167-8809(83)90021-X.

PRIMAVESI, A. M. **Agroecologia: ecosfera, tecnosfera e agricultura**. São Paulo: Nobel, 1997.

RABESCHINI, G.; NUNES, C. E. P.; PEREJA, M. **Ecologia da Polinização: Aplicações no Planejamento e Manejo de Agroecossistemas**. Revista Brasileira de Agroecologia, Brasília, v. 19, n. 1, p. 94-103, 2024. DOI: 10.33240/rba.v19i1.51703.

ROSSET, J. S.; COELHO, G. F.; GRECO, M.; STREY, L.; JUNIOR, A. C. G. **Agricultura Convencional Versus Sistemas Agroecológicos: Modelos, Impactos, Avaliação da Qualidade e Perspectivas**. Scientia Agraria Paranaensis - SAP, v. 13, n. 2, p. 80-94, 2014. DOI: 10.18188/sap.v13i2.7351.

SCHWARZ, J. M.; KNAUER, A. C.; ALAUX, C.; BARASCOU, L.; BARRAUD, A.; DIEVANT, V.; GHAZOUL, J.; MICHEZ, D.; ALBRECHT, M. **Diverse Pollen Nutrition Can Improve the Development of Solitary Bees but does not Mitigate Negative Pesticide Impacts**. Science of The Total Environment, v. 912, 2024. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.169494.

SEPÚLVEDA-CANO, P. A; SMITH-PARDO, A. H.; HOYOSS, R. A. **Efecto del Arrego Espacial del Agroecosistema Sobre la Diversidad de Abejas (Hymenoptera: Apoidea) en Cultivos de Papa (*Solanum tuberosum*) en Antioquia, Colombia**. Bogotá: Revista Colombiana de Entomología, v. 43, n. 1, 2017.

SIDEMO-HOLM, W.; BRADY, M. V.; CARRIÉ, R.; EKROOS, J.; SMITH, H. G. **Cost-effective Biodiversity Conservation with Organic Farming – Spatial Allocation is Key**. Biological Conservation, v. 294, 2024. DOI: 10.1016/j.biocon.2024.110624

SILVA, C. I.; ARENA, M. V. N.; SILVA, E. C. M.; MARTINES, M. R.; MALASPINA, O.; CHIOVATTO, G.; NASCIMENTO, J. E. M.; TADEI, R.; TOPPA, R. H. **Landscape and Land Use Affect Composition and Nutritional Values of Bees' Food**. Journal of Environmental Management, v. 352, 2024. DOI:10.106/j.jenvman.2024.120031.

SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. C.; PIROVANI, G.; CAON, B. L.; MOREIRA, M. F.; SIQUEIRA, C. B.; TRUGILHO, G. A.; KAULZ, M.; CRESPO, A. M.; GOMES, A. L. C.; GALL, M. V. C.; PINHEIRO, A. C. M.; PERON, I. B. **Sistemas Agroflorestais e Consórcios na Cultura do Café**. In: SOUZA, Mauricio Novaes (Org.). Tópicos em recuperação de áreas degradadas, v. 4. Canoas: Méricadas Publishers, 2022.

SMITH, M. R.; SINGH, G. M.; MOZAFFARIAN, D.; MYERS, S. S. **Effects of Decreases of Animal Pollinators on Human Nutrition and Global Health: a Modelling Analysis**. The Lancet, v. 386, p. 1964-1972, 2015. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)61085-6.

SUÁREZ-SEOANE, S.; OSBORNE, P.E.; BAUDRY, J. **Responses Of Birds Of Diferente Biogeographic Origins And Habitat Requirements To Agricultural Land Abandonment In Northern Spain**. Biological Conservation, Essex, n. 105, p. 333-344, 2002. DOI: 10.1016/S0006-3207(01)00213-0.

SUMBERG, J.; GILLER, K. E. **What is ‘Conventional’ Agriculture?** Global Food Security, v. 32, p. 100617, 2022. DOI: 10.1016/j.gfs.2022.100617.

TAVARES, D. A.; ROAT, T. C.; CARVALHO, S. M.; SILVA-ZACARIN, E. C. M.; MALASPINA, O. **In Vitro Effects of Thiamethoxam on Larvae of Africanized Honey Bee Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae)**. Chemosphere, v. 135, p. 370-378, 2015. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.04.090.

TOSI, S.; NIEH, J. C.; SGOLASTRA, F.; CABBRI, R.; MEDRZYCKI, P. **Neonicotinoid Pesticides and Nutricional Stress Synergistically Reduce Survival in Honey Bees**. Proceedings Biological Sciences, v. 284, 2017. DOI: 10.1098/rspb.2017.1711.

VARGAS, D. L.; FOUNTOURA, A. F.; WIZNIEWSKY, J. G. **Agroecologia: Base Da Sustentabilidade Dos Agroecossistemas**. Geografia, Ensino & Pesquisa, p. 173-180, 2013. DOI: 10.5902/223649948748.

VIEIRA FILHO, J. E. R. V. **Sustentabilidade Produtiva do Agronegócio Brasileiro**. In: VIEIRA FILHO, J. E. R. V. (Org). Diagnóstico e Desafios da Agricultura Brasileira. IPEA, Rio de Janeiro, p. 11-30, 2019.