



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

ISADORA MELLO E JULIA FERNANDES

**CONTRIBUIÇÃO DOS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO NATIVA PARA A
MANUTENÇÃO DE ABELHAS EM CULTIVOS ORGÂNICOS DE TOMATE NO
CERRADO**

Brasília/DF

2023

Isadora Mello e Julia Fernandes

Contribuição dos fragmentos de vegetação nativa para a manutenção de abelhas em cultivos orgânicos de tomate no Cerrado

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais na Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Brum Togni

Coorientadora: MSc. Rafaela Mendes Assunção

Brasília - DF

Julho/2023

**DE MELLO, ISADORA TORRES MARTINI
BARROS, JULIA FERNANDES**

**CONTRIBUIÇÃO DOS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO NATIVA PARA A
MANUTENÇÃO DE ABELHAS EM CULTIVOS ORGÂNICOS DE TOMATE NO
CERRADO**

Orientação: Pedro Henrique Brum Togni

61 páginas.

**Projeto Final de Ciências Ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS –
Universidade de Brasília.**

Brasília – DF, 2023.

Isadora Mello e Julia Fernandes

Contribuição dos fragmentos de vegetação nativa para a manutenção de abelhas em cultivos orgânicos de tomate no Cerrado

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais na Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais

Prof. Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Brum Togni
Departamento de Ecologia - Universidade de Brasília

Coorientadora: MSc. Rafaela Mendes Assunção
Programa de Pós-Graduação em Ecologia - Universidade de Brasília

Profa. Dra. Cristiane Gomes Barreto
Centro de Desenvolvimento Sustentável - Universidade de Brasília

Profa. Dra. Fernanda Vieira da Costa
Departamento de Ecologia - Universidade de Brasília

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade de Brasília e ao curso de Ciências Ambientais, por nos proporcionar anos de aprendizado, tanto na área acadêmica, quanto no pessoal. À Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) (processo 00193-00000934/2019-11) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (processo 405396/2021-0) pelo financiamento do projeto.

Agradecemos ao nosso professor e orientador, o Dr. Pedro Henrique Brum Togni, que topou o desafio de nos guiar nesse TCC e possibilitou nossa participação no Laboratório de Ecologia de Insetos (LECOI/UnB). Agradecemos por todo o suporte, apoio e paciência ao longo do processo.

Gostaríamos de agradecer à nossa coorientadora, MSc. Rafaela Mendes Assunção. Seu apoio neste trabalho foi fundamental e somos gratas pela paciência e por todo o conhecimento compartilhado.

Aos nossos colegas de laboratório, César Machado e João Guilherme Lacerda. Queremos agradecer pela ajuda e companhia na identificação e montagem das abelhas. Sem a colaboração de vocês, esse trabalho não seria possível.

Agradecemos por fim, aos membros da banca, Dra. Cristiane Gomes Barreto e Dra. Fernanda Vieira da Costa, por aceitarem o convite e por dedicarem seu tempo e expertise na avaliação deste trabalho.

Eu, Isadora, gostaria de agradecer à minha mãe, Gisele, pelo apoio incondicional, por sempre me incentivar a buscar conhecimento, e acima de tudo, ser feliz. Sou imensamente grata por tudo que faz por mim todos os dias, e por sempre estar ao meu lado.

Agradeço também ao meu pai, Paulo, por todos os conselhos e por sempre me motivar a ir em frente. Vocês são meu exemplo de determinação, e sempre me inspiram a me esforçar cada vez mais e a nunca desistir dos meus sonhos.

Ao meu avô, Adauto, obrigada por todo o suporte ao longo da vida, por todo o carinho, pelo exemplo de humildade e generosidade. Mesmo que você não se lembre mais, eu vou lembrar por nós dois. Te amo.

Agradeço também aos meus amigos, cuja presença e incentivo foram fundamentais para superar os desafios e momentos de cansaço. Obrigada por compartilharem suas experiências, ideias e pelo apoio mútuo ao longo dessa caminhada. Agradeço especialmente à minha melhor amiga, Malu, por sempre me escutar e me acolher, por todas as risadas compartilhadas, as ideias trocadas, por tudo que vivemos juntas e que ainda vamos viver, enfim, obrigada por tudo, sempre!!! Gratidão pela sua amizade, estamos juntas, irmã.

E é claro, agradeço também a minha parceira Ju, pelo comprometimento e esforço dedicado a realizar este TCC, e pela companhia ao longo de toda graduação, desde o primeiro semestre. Amiga, você tornou este processo muito mais leve e divertido, e eu fico muito feliz de celebrar essa conquista ao seu lado, que venha muito sucesso para nós.

Eu, Julia, agradeço às minhas avós Ana Maria, Martha e Teresa Raquel. Tive o privilégio de tê-las como figuras maternas e exemplo de mulheres batalhadoras que sempre me incentivaram a ir atrás dos meus sonhos, e investiram em mim para que eu pudesse fazê-lo. Independente da distância entre nós, vocês sempre estarão comigo, pois eu não seria quem sou, sem vocês.

Agradeço à minha mãe, Marcela, pelo ensinamento valioso de que a vida é para ser vivida e aproveitada. Ao meu pai, Rodrigo, pelo exemplo de perseverança e compromisso que é necessário para vivê-la. Obrigada por incentivarem sempre que eu seja a melhor versão de mim mesma, mesmo quando eu não acredito que seja possível.

À família que eu escolhi, Rapha e Pedro, obrigada por segurarem minhas mãos nos momentos mais difíceis da vida, e comemorarem minhas conquistas como se fossem suas.

Ao meu parceiro, Pedro, que esteve comigo durante toda a graduação. Obrigada por me escolher (nos meus piores e melhores dias) pra dividir essa aventura que é a vida.

Por fim, agradeço à minha parceira Isadora pela dedicação, esforço e companheirismo durante não só o TCC, mas também toda a graduação. Sempre soube que iríamos fazer o melhor que pudéssemos, e fizemos justamente por estarmos juntas.

RESUMO

Alterações do uso da terra, a perda de habitat e a exposição a agrotóxicos têm impactado negativamente a diversidade de insetos polinizadores no Cerrado. As abelhas destacam-se como principais polinizadores, pois dependem de recursos florais (néctar e pólen) como alimento. Os remanescentes de vegetação nativa nas áreas de Reserva Legal e de preservação permanente de propriedades agrícolas podem ser importantes para a conservação das abelhas, especialmente em cultivos orgânicos. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo compreender a contribuição dos fragmentos de vegetação natural na diversidade de abelhas em áreas de cultivo orgânico de tomateiros, no Distrito Federal (DF), Brasil. Para isso, foram amostradas abelhas em diferentes habitats (cultivo do tomateiro, borda e vegetação natural) pertencentes a quatro propriedades rurais de agricultura familiar no DF. As abelhas foram amostradas nessas áreas com armadilhas do tipo *pan-trap* e *malaise*, no ano de 2022. Foram calculados a diversidade (H'), riqueza (S), abundância e dominância (D') das abelhas amostradas, além da similaridade das assembléias de abelhas entre as propriedades e entre as áreas amostradas. Foram coletados 1870 indivíduos, distribuídos em 52 gêneros pertencentes a 23 tribos e cinco famílias. As famílias mais abundantes foram Halictidae (999 indivíduos) e Apidae (840). Os gêneros mais abundantes foram representantes da família Halictidae (804 indivíduos), sendo eles: *Trigona* (186 indivíduos), *Apis* (171) e *Exomalopsis* (158). A presença e composição das áreas de vegetação natural do Cerrado nas proximidades dos cultivos influenciaram positivamente a diversidade de abelhas encontradas. Os resultados demonstraram que há uma maior diversidade (H') de espécies nas propriedades com maior percentual de vegetação natural na paisagem. A maior abundância de indivíduos do gênero *Exomalopsis*, polinizadores efetivos do cultivo do tomate, foi encontrada na borda de uma das propriedades (P1), que possuía maior porcentagem de área natural (73,11%). Isso sugere a importância da área de vegetação natural como local de nidificação e alimentação para abelhas nativas. Outra propriedade (P2) se destacou, pois, apesar de apresentar menor área de vegetação nativa (40,43%), apresentou alto índice de diversidade (H'), tanto na área de borda, como na área de cultivo. Isso sugere que as práticas de manejo, como a irrigação por gotejamento e o não uso de óleo de *neem* para controle biológico, podem ter influenciado a alta riqueza de espécies encontradas nessas áreas. Esses fatores podem indicar que a qualidade e heterogeneidade do habitat também influenciam a diversidade de espécies, o que reforça a importância da agricultura orgânica e familiar com foco na biodiversidade, para sustentabilidade dos agroecossistemas. Em conclusão, este estudo reforça a importância da conservação de áreas de vegetação natural para a diversidade de abelhas em ambientes agrícolas. Destacamos a importância de adotar práticas de manejo adequadas, juntamente com a preservação de áreas de vegetação nativa e a qualidade das áreas de borda, a fim de facilitar a movimentação dos polinizadores. A agricultura orgânica e familiar de base agroecológica é um movimento que prioriza práticas que contribuem para aumentar os serviços de polinização e, conseqüentemente, impulsionar a produção do cultivo agrícola sustentável.

Palavras-chave: diversidade de abelhas, áreas de cultivo, tomateiros, vegetação natural, polinização, agricultura orgânica e familiar.

ABSTRACT

Changes in land use, habitat loss, and exposure to pesticides have negatively impacted the diversity of pollinating insects in the Cerrado. Bees stand out as the main pollinators, as they depend on floral resources (nectar and pollen) for food. The remnants of native vegetation in areas of legal reserves and permanent protection of agricultural properties may be important for the conservation of bees, especially in organic crops. In this context, this study aimed to understand the contribution of natural vegetation fragments on bee diversity in areas of organic tomato cultivation in the Federal District (DF), Brazil. To do that, bees were sampled in different habitats (tomato cultivation, border and natural vegetation) from four family farming rural properties in the DF. Bees were sampled in these areas with pan-trap and malaise traps in the year of 2022. We calculated the diversity (H'), richness (S), abundance, and dominance (D') of the sampled bees, and the similarity of bee assemblages among the properties and among the sampled areas. A total of 1870 individuals were collected, distributed in 52 genera belonging to 23 tribes and five families. The most abundant families were Halictidae (999 individuals) and Apidae (840). The most abundant genera were representatives of the Halictidae family (804 individuals), namely: *Trigona* (186 individuals), *Apis* (171), and *Exomalopsis* (158). The presence and composition of the natural areas of Cerrado vegetation near the crops influenced the diversity of bees. The results showed that there is a higher diversity (H') of species on properties with a higher percentage of natural vegetation in the landscape. The largest number of individuals of the genus *Exomalopsis*, effective pollinators of tomato crops, was found at the border of one of the properties (P1), which had a higher percentage of natural area (73.11%). This suggests the importance of the area of natural vegetation as a nesting and feeding place for native bees. Another property (P2) stood out because despite having little area of native vegetation (40.43%), it showed a high diversity index (H'), both in the border area and in the cultivated area. This suggests that management practices, such as drip irrigation and the non-use of neem oil for pest control, may have influenced the high richness of species found in this property. These findings may indicate that habitat quality and heterogeneity also influence species diversity, which reinforces the importance of organic and family farming with a focus on biodiversity for the sustainability of agroecosystems. In conclusion, this study highlights the importance of conserving areas of natural vegetation for bee diversity in agricultural environments. We point the importance of adopting proper management practices, along with the preservation of native vegetation areas and the quality of edge areas, in order to facilitate the movement of pollinators. Organic and family farming are movements that prioritize an approach that values these practices together. This approach contributes to increasing pollination services and thus boosting sustainable agricultural crop production.

Keywords: bee diversity, cultivated areas, tomato crops, natural vegetation, pollination, organic and family farming

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - Mapa do Distrito Federal com a localização das quatro propriedades estudadas (P1, P2, P3 e P4). 29
- FIGURA 2** - Imagens de satélite da área das propriedades orgânicas (P1, P2, P3 e P4) localizadas no Distrito Federal (DF), disponíveis através do *Google Earth Engine* em 2022. Cada círculo representa um buffer com raio (r) de 2 km e área de 1.257 hectares (ha), cujo centro é o cultivo de tomateiros. A cor verde representa a área natural demarcada pelo software QGIS (2022). 34
- FIGURA 3** - Composição da paisagem indicando a porcentagem de fitofisionomia de floresta, savana, campestre e área úmida na área de vegetação natural total de cada uma das propriedades orgânicas produtoras de tomate na região do Distrito Federal (P1, P2, P3 e P4), respectivamente. Métricas calculadas no *plugin LecoS* do software QGIS (2022), com base no mapa do bioma Cerrado (Coleção 7) do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil – MapBiomias, de 2022. 34
- FIGURA 4** - Índice de diversidade de Shannon de abelhas amostradas em diferentes propriedades orgânicas (P1, P2, P3 e P4) localizadas no Distrito Federal no período entre junho e novembro de 2022. 38
- FIGURA 5** - Curvas de rarefação de espécies de abelhas, por indivíduos amostrados entre junho e novembro de 2022 em propriedades orgânicas produtoras de tomate no Distrito Federal (P1, P2, P3 e P4). 39
- FIGURA 6** - Análise de agrupamento da diversidade de abelhas entre as propriedades rurais P1, P2, P3 e P4. Análises baseadas em matrizes de distância de Bray-Curtis construídas a partir do número de espécies coletadas nas distintas propriedades. 39
- FIGURA 7** - Índice de diversidade de Shannon de abelhas amostradas em diferentes habitats (cultivo, borda e vegetação natural) em propriedades orgânicas localizadas no Distrito Federal no período entre junho e novembro de 2022. 41
- FIGURA 8** - Curvas de rarefação de espécies de abelhas por indivíduos amostrados entre junho e novembro de 2022 em propriedades orgânicas produtoras de tomate no Distrito Federal, em diferentes áreas componentes das propriedades (borda, cultivo e vegetação natural). 41
- FIGURA 9** - Análise de agrupamento da diversidade de abelhas entre os diferentes habitats das propriedades (cultivo, borda e vegetação natural). Análises baseadas em

matrizes de distância de Bray-Curtis construídas a partir da composição de espécies coletadas nas armadilhas *pan-trap* e *malaise*. 42

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Práticas de manejo adotadas em quatro propriedades rurais de agricultura familiar (P1, P2, P3 e P4) localizadas no Distrito Federal, Brasil. Dados fornecidos em 2022 pelos proprietários. 30

TABELA 2 - Abundância e frequência por gênero ou tribo de abelhas em cada uma das propriedades estudadas (P1, P2, P3 e P4) no Distrito Federal, no período de junho a novembro de 2022. Local de coleta se refere às áreas de coleta, sendo elas: cultivo (C), borda (B) e vegetação natural (N). 36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Serviços ecossistêmicos de polinização no Cerrado	15
2.2 Ameaças aos polinizadores no Cerrado	18
2.3 Conservação da biodiversidade em áreas de cultivo	19
2.4 Agricultura Orgânica e Familiar no Brasil e no Distrito Federal.....	21
2.5 Cultivo de tomate no Distrito Federal.....	24
3. OBJETIVOS	27
3.1 Objetivo geral:	27
3.2 Objetivos específicos:.....	27
4. HIPÓTESES	27
5. MATERIAIS E MÉTODOS	28
5.1 Área de estudo:	28
5.2 Caracterização e composição das áreas de vegetação natural da paisagem	30
5.3 Amostragem de abelhas.....	31
5.4 Análise de Dados	32
6. RESULTADOS	33
6.1 Composição da paisagem das propriedades	33
6.2 Diversidade de abelhas amostradas.....	35
6.2.1 Diversidade e composição da assembleia de abelhas por propriedade rural	37
6.2.2 Diversidade e composição da assembleia de abelhas por tipo de habitat	40
7. DISCUSSÃO	42
8. CONCLUSÃO	47
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
10. APÊNDICE.....	60

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado, o segundo maior bioma da América do Sul, ocupa mais de 200 milhões de hectares (aproximadamente 22% do território brasileiro) (IBGE, 2019). A vegetação natural da região apresenta formas fisionômicas variadas, que englobam formações florestais, savânicas e campestres (RIBEIRO; WALTER, 2008). É considerado um *hotspot* prioritário para conservação de biodiversidade, por ser uma área com elevado endemismo e sob forte ameaça antrópica, principalmente pela expansão agrícola (MYERS *et al.*, 2000). As alterações do uso da terra, a perda de habitat e a exposição a agrotóxicos são fatores que têm impactado negativamente a biodiversidade deste bioma, principalmente de insetos (TSCHARNTKE *et al.*, 2005).

Os insetos são os organismos mais abundantes e diversos do planeta (STORK, 2018), e sua presença e diversidade afetam diretamente os serviços ecossistêmicos essenciais, como a polinização de plantas, o controle biológico de pragas e a ciclagem de nutrientes (POTTS *et al.*, 2010; CARDOSO *et al.*, 2020). Portanto, alterações na biodiversidade de insetos podem ter consequências significativas para a saúde e a funcionalidade dos ecossistemas, o que demonstra a importância de preservar e promover a biodiversidade de insetos por meio de práticas agrícolas sustentáveis (RAMOS *et al.*, 2020).

Dentre os diversos polinizadores, as abelhas são reconhecidas por sua notável eficiência nesse serviço (RICKETTS *et al.*, 2008; IPBES, 2016). Sua diversidade morfológica e comportamental permite a exploração de uma ampla variedade de tipos florais, o que resulta em uma alta frequência de interações entre abelhas e plantas (MICHENER, 2007). Em ecossistemas naturais, a polinização desempenha um papel crucial na manutenção das comunidades de angiospermas, e a redução dos polinizadores silvestres poderia resultar em perdas substanciais da flora mundial e colapso dos ecossistemas terrestres (KLEIN *et al.*, 2007).

Na agricultura, a polinização também exerce um papel fundamental. Algumas espécies dependem inteiramente dos polinizadores para garantir a produção de frutos viáveis, enquanto outras, mesmo capazes de autopolinização, se beneficiam da presença desses agentes para aumentar a quantidade e qualidade dos frutos produzidos (KLEIN *et al.*, 2007; WOLOWSKI *et al.*, 2019). Nesse contexto, destaca-se o cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum* Mill.) (Solanaceae) como exemplo de uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil, devido a sua relevância social e

econômica para pequenos e grandes produtores (CONAB, 2021). Embora essa planta seja capaz de se autopolinizar, estudos têm demonstrado que a presença de abelhas silvestres contribui significativamente para a polinização, resultando em um aumento na produção, produtividade e qualidade comercial dos frutos (BUCHMANN & HURLEY, 1978; CAMPOS *et al.*, 2014). Portanto, as abelhas prestam importantes serviços ecossistêmicos para a agricultura, ao mesmo tempo em que são ameaçadas pela expansão da fronteira agrícola devido à redução de habitats naturais (POTTS *et al.*, 2010).

A adoção de práticas de manejo agroecológicas em sistemas de produção orgânica e familiar, oferecem uma alternativa sustentável para a conservação da biodiversidade (YAMAMOTO *et al.*, 2010). Polinizadores, insetos predadores naturais de pragas e microrganismos do solo são beneficiados pela ausência do uso de agrotóxicos, e pela promoção da diversidade de culturas e conservação dos recursos naturais, contribuindo para a saúde dos ecossistemas agrícolas (SUJII *et al.*, 2010; VENZON *et al.*, 2015). As práticas agroecológicas favorecem a biodiversidade através do uso da rotação de culturas, de adubos orgânicos e a integração de diferentes espécies vegetais. Essas práticas, em conjunto, promovem a diversidade de habitats e a oferta contínua de recursos alimentares para os organismos, o que atrai e sustenta uma maior variedade de insetos polinizadores, como as abelhas, que desempenham um papel crucial na polinização de cultivos e na manutenção da reprodução de plantas (GAGLIANONE *et al.*, 2015).

A presença de áreas de vegetação natural adjacentes aos cultivos orgânicos, como as áreas de preservação permanente e reservas legais, pode funcionar como refúgio e corredor ecológico, conectando populações de abelhas e permitindo o fluxo gênico entre elas, inclusive dentro das áreas cultivadas (TSCHARNTKE *et al.*, 2005). Ainda existem lacunas significativas no entendimento das interações entre a vegetação natural, a biodiversidade de abelhas e a produção orgânica de alimentos. Especificamente, é necessário entender como a presença e a qualidade dos remanescentes de vegetação natural em propriedades rurais influenciam a diversidade e a abundância de abelhas polinizadoras, bem como o impacto dessa diversidade na polinização de culturas, como é o caso do cultivo de tomate. O preenchimento dessas lacunas de conhecimento é crucial para orientar estratégias de manejo e conservação que promovam a biodiversidade e a sustentabilidade nas áreas de cultivo orgânico e subsidiem o manejo de paisagens produtivas e funcionais.

O presente estudo tem como objetivo compreender como as áreas de remanescentes de vegetação natural de Cerrado podem contribuir para a manutenção da diversidade de abelhas presente em áreas de cultivo orgânico de tomate no Distrito Federal (DF), Brasil. Compreender a influência da paisagem na dinâmica e estrutura dessas comunidades é fundamental para a implementação de estratégias de conservação e manejo adequadas. O conhecimento gerado por este estudo contribui para a valorização e proteção dos polinizadores, visando a sustentabilidade e a conservação desses agentes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Serviços ecossistêmicos de polinização no Cerrado

Os serviços ecossistêmicos são benefícios diretos e indiretos que os seres humanos obtêm dos ecossistemas e suas funções, incluindo fornecimento de recursos naturais, regulação do clima, purificação da água e a polinização de culturas agrícolas (DAILY *et al.*, 1997; MEA, 2005). Esses serviços podem ser classificados em quatro categorias distintas, sendo elas serviços de regulação, provisão, de suporte e culturais (MEA, 2005). Os serviços de regulação incluem funções de manutenção do ecossistema, como o controle de erosão, das secas e da degradação do solo. Já os serviços de provisão são aqueles que geram benefícios diretos, como alimentos, água, medicamentos e recursos genéticos. Os serviços de suporte fornecem funções fundamentais para os demais serviços, tais como formação do solo e ciclagem de nutrientes. Por fim, os serviços culturais englobam benefícios relacionados à valores culturais, espirituais, religiosos e educacionais, influenciados pela diversidade dos ecossistemas (IPBES, 2018; MEA, 2005).

A polinização é considerada um serviço ecossistêmico regulatório (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES SILVA, 2010), pois desempenha um papel crucial na produção de alimentos, uma vez que flores bem polinizadas têm a capacidade de produzir frutos de melhor qualidade e em maior quantidade, podendo impactar até mesmo o tempo de prateleira e o preço de mercado de alguns cultivos (BPBES/REBIPP, 2019). De acordo com os dados da FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), cerca de um terço dos alimentos consumidos pelos seres humanos depende, em alguma medida, da polinização de plantas

cultivadas. Culturas como grão-de-bico, lentilha e pimenta, por exemplo, são polinizadas de forma passiva e por isso não sofrem influência da polinização animal na sua produção (KLEIN *et al.*, 2007). Porém, certas espécies vegetais dependem exclusivamente da polinização animal para a formação de seus frutos (GOTTSBERGER; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2006). Para a abóbora, a castanha do Brasil e o maracujá, os polinizadores animais são considerados essenciais, podendo haver uma redução de $\geq 90\%$ na produção desses cultivos sem sua presença (KLEIN *et al.*, 2020). Entre os polinizadores animais, destacam-se abelhas, moscas, borboletas, mariposas, vespas, besouros, aves, morcegos, mamíferos não voadores e lagartos (BPBES/REBIPP, 2019).

Em países tropicais como o Brasil, a agricultura é 50% mais dependente da polinização animal do que em países de regiões temperadas (AIZEN *et al.*, 2008). Além da frutificação, a polinização cruzada desempenha um papel fundamental na ampliação da variabilidade genética dos cultivos, resultando em maior resistência a pragas e patógenos (BPBES/REBIPP, 2019). Mesmo com a capacidade de autopolinização, a presença de agentes polinizadores animais tem o efeito de estimular de forma substancial a produção, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade (HIPOLITO *et al.*, 2018). Na agricultura, as abelhas são os polinizadores mais relevantes, sendo responsáveis por visitar mais de 90% dos 107 principais cultivos agrícolas estudados em todo o mundo (KLEIN *et al.*, 2007). As abelhas dependem das plantas para coletar pólen e néctar. Por sua vez, as plantas dependem ou são beneficiadas pelas abelhas para facilitar sua reprodução, estabelecendo assim uma relação mutualística que influencia a formação de frutos e sementes (RECH *et al.*, 2014). A presença de estruturas especializadas para a manipulação e transporte de recursos nas espécies de abelhas resulta em uma variedade de estratégias e comportamentos, permitindo que sejam classificadas como generalistas ou especializadas (BPBES/REBIPP, 2019).

Essa diversidade de espécies e comportamentos desempenham um papel crucial na polinização de cultivos agrícolas, pois diferentes abelhas podem atender morfologias florais específicas, tornando ainda mais importante a conservação da diversidade desses polinizadores (WITTER *et al.*, 2014). Assim, o rápido declínio da biodiversidade resulta em uma perda também econômica dos serviços ecossistêmicos prestados (HARVEY *et al.*, 2023). O Brasil possui uma rica diversidade de espécies de abelhas, contabilizando aproximadamente 1,6 mil espécies no País (IBAMA, 2018).

Desse total, mais de 200 são espécies nativas sem ferrão pertencentes à tribo Meliponini da família Apidae (SILVEIRA *et al.*, 2002).

Quando observamos a região específica do bioma Cerrado, podemos identificar alguns grupos de abelhas que se destacam pela sua abundância e/ou relevância ecológica. As espécies nativas e geralmente solitárias, como as dos gêneros *Xylocopa* e *Centris*, são importantes polinizadores em vegetações abertas, por exemplo, pois visitam recursos alimentares que são oferecidos por uma grande variedade de espécies vegetais, comumente produzidas em áreas rurais no Brasil (SCHLINDWEIN, 2004). As abelhas sociais nativas do gênero *Melipona* possuem também características relevantes para a polinização de plantas cultivadas, como a alta diversidade de espécies, possibilitando a polinização de um grande número de plantas tropicais (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010) e de cultivos agrícolas com alta relevância econômica (MICHENER, 2000). No entanto, na América Latina, um dos principais desafios para a conservação das abelhas nativas reside na escassez de informações abrangentes acerca de aspectos taxonômicos, diversidade, riqueza, dinâmica populacional e o impacto das atividades humanas sobre as diferentes espécies (IMPERATRIZ-FONSECA *et al.*, 2012).

Dentre as espécies exóticas, *Apis mellifera* é uma abelha européia africanizada muito abundante, que foi introduzida no Brasil e se espalhou por toda a América do Sul (PIVELLO, 2011). Por serem generalistas, contribuem para o aumento da produtividade de cultivos agrícolas diversos (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). A presença dessas abelhas nos sistemas agrícolas é considerada benéfica para a produção de soja, café e algodão, culturas especialmente atrativas a elas (WOLFF *et al.*, 2022). Porém, a *A. mellifera* deve ser utilizada como uma opção suplementar na polinização de culturas, pois não substitui a eficiência das abelhas nativas (GARIBALDI *et al.*, 2013). Além disso, a alta dominância de uma espécie exótica pode acarretar na redução ou deterioração dos serviços ecossistêmicos prestados, devido à sua influência negativa na abundância e biodiversidade de espécies nativas (GARIBALDI *et al.*, 2021).

2.2 Ameaças aos polinizadores no Cerrado

Para garantir a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e a preservação da biodiversidade local, destaca-se a necessidade de conservação das espécies de meliponíneos e de seus habitats. O avanço da fronteira agrícola reduz drasticamente as fontes de recursos essenciais para a sobrevivência das abelhas, afetando suas interações realizadas em escala individual, de populações e de comunidades (KREMEN *et al.*, 2004). O uso de pesticidas químicos também afeta a comunidade de polinizadores, resultando em impactos letais e subletais que podem ocorrer por meio de diversas vias (PINHEIRO; FREITAS, 2010). A abundância e riqueza de espécies de abelhas está diretamente associada à abundância e riqueza de espécies florais disponíveis, mais especificamente à diversidade de fontes de néctar e pólen (POTTS *et al.*, 2003).

No Cerrado, a ampliação de atividades agropecuárias tem ocasionado significativas alterações no uso e ocupação do solo (RADA, 2013). A maior parte da produção nacional de grãos, como soja, milho e algodão, está concentrada em áreas planas (planaltos) do Cerrado (SANO *et al.*, 2010). Calcula-se que cerca de 40% da cobertura vegetal original do bioma Cerrado tenha sido convertida para diferentes tipos de uso da terra (MMA, 2015), sendo que no Distrito Federal essa proporção se eleva para aproximadamente 60% da cobertura natural já desmatada (CODEPLAN, 2020). Apenas 3% do bioma do Cerrado é protegido integralmente (FRANÇOSO *et al.*, 2015), e a proteção em terras rurais privadas é regulada pelo Código Florestal Brasileiro. Conforme estabelecido pela Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012), é obrigatório que todo imóvel rural mantenha uma porção de sua área com cobertura de vegetação nativa, denominada Reserva Legal (20% para o Cerrado no DF). Deste modo, a área de Reserva Legal obrigatória, localizada dentro dos limites do imóvel rural, tem como objetivo garantir o uso sustentável dos recursos naturais da propriedade rural e promover a conservação da biodiversidade (BRASIL, 2012).

A Lei 12.651/2012 também estabelece a obrigatoriedade de Áreas de Preservação Permanentes, que podem ou não ser cobertas por vegetação nativa, mas que possuem funções ambientais na preservação de recursos hídricos, estabilidade geológica e biodiversidade. Essas áreas são definidas pelo Código Florestal Brasileiro e incluem, por exemplo, o entorno dos reservatórios d'água e nascentes, áreas com fauna e flora ameaçada de extinção, e áreas com vegetação que podem conter a

erosão do solo (BRASIL, 2012). O papel dessas áreas para a comunidade de abelhas é de extrema importância, pois a qualidade da matriz do fragmento apresenta uma influência significativa na movimentação do polinizador (KREMEN *et al.*, 2007). A matriz se refere à área que envolve os fragmentos de habitat naturais remanescentes, e pode ser composta por diferentes tipos de uso da terra, como áreas agrícolas, urbanas ou florestais. Propriedades rurais podem ser distintas em relação à composição de espécies e à estrutura do habitat (RICKETTS, 2001). A conectividade dentro da matriz, promovida através de corredores ecológicos ou habitats menores similares ao primário, permitem a movimentação e dispersão entre os fragmentos (HARRISON, 1992). Assim, a compreensão da ecologia das abelhas em ecossistemas é essencial para conservar e manejar efetivamente esses agentes polinizadores, principalmente em ecossistemas com alta biodiversidade e elevado grau de ameaça antrópica, como o bioma Cerrado (MYERS *et al.*, 2000).

2.3 Conservação da biodiversidade em áreas de cultivo

Em agroecossistemas, onde as práticas agrícolas podem impactar negativamente a biodiversidade, é fundamental adotar estratégias de manejo que promovam sua conservação (GAGLIANONE *et al.*, 2015). Áreas de vegetação natural abrigam uma grande diversidade de polinizadores, pois oferecem além de recursos alimentares, maior disponibilidade de locais de nidificação (KREMEN *et al.*, 2017). A conservação de áreas naturais e seminaturais ao redor dos agroecossistemas é uma prática que proporciona condições favoráveis à existência de uma ampla diversidade de insetos, que interagem em uma complexa rede de interações ecológicas (GARIBALDI *et al.*, 2017; DAINESE, 2019).

As condições locais são importantes para atrair e manter espécies na área de cultivo. Nesse sentido, abordagens de manejo agroecológico em sistemas de cultivo orgânico e ou familiar, diferentemente dos modelos intensivos de produção em larga escala, trabalham com o ambiente de forma integrada, através de uma visão sistêmica (ALTIERI, 2003). Essa visão busca identificar a relação entre os elementos presentes na produção, observando como o solo, as plantas, os animais, o clima e os demais elementos interagem na paisagem (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Essas abordagens incluem práticas alternativas de cultivo que contribuem para a conservação dos

recursos naturais, promovendo a diversidade e a abundância de polinizadores em agroecossistemas (ALTIERI, 2009; IMPERATRIZ-FONSECA, 2010).

A manutenção de polinizadores em agroecossistemas deve levar em conta não só a oferta de alimento oferecida pela cultura cultivada, mas também os recursos disponibilizados pela vegetação do entorno (GAGLIANONE *et al.*, 2015). Uma das formas de promover a diversificação de recursos florais é através da rotação de culturas. A rotação é uma prática que consiste no cultivo sequencial de diferentes espécies vegetais em uma mesma área, ao longo do tempo. Nesse sistema, as culturas são alternadas de forma planejada e organizada, o que ajuda a regular as populações de insetos praga e patógenos (ALTIERI, 2002; FRANCHINI *et al.*, 2011). O contexto local, especialmente em relação à heterogeneidade da paisagem e à disponibilidade de recursos nas propriedades rurais, contribui para a diversidade e abundância de insetos polinizadores (ASSUNÇÃO *et al.*, 2022).

Outra técnica de manejo consiste na criação de bordaduras com plantas arbustivas e arbóreas ao redor das áreas cultivadas. Essas bordaduras fornecem recursos adicionais para as abelhas e ajudam a reduzir a exposição das culturas aos ventos, proporcionando um ambiente mais favorável para a polinização (MEDEIROS *et al.*, 2011). Esses cordões de contorno vegetais aumentam a diversidade de plantas nas áreas cultivadas e ao redor delas, fornecendo proteção aos cultivos e promovendo maior diversidade na propriedade, uma vez que atraem pássaros e polinizadores, além de favorecer um maior ou menor sombreamento dependendo da cultura plantada (MAPA, 2023). Podem ser compostos por uma ou várias espécies, incluindo vegetação natural e espontânea e plantas de interesse econômico para os agricultores, como banana, café, mamão, plantas medicinais e ornamentais. Práticas que promovem a diversificação paisagística, com a incorporação de plantas floridas em diferentes períodos de floração, proporcionam recursos alimentares para os polinizadores ao longo de todo o ano (ARIAS *et al.*, 2022).

Realizar plantios com o mínimo de perturbação no ambiente, evitando o uso de práticas agrícolas intensivas, como o uso de agrotóxicos, por exemplo, também influencia na manutenção desses polinizadores. O uso de produtos naturais e o emprego de agentes de controle biológico, como microrganismos (fungos e bactérias), insetos predadores e parasitóides (por exemplo, *Trichogramma spp.*), têm sido consideradas como alternativas viáveis aos agricultores (TOGNI *et al.*, 2019). No entanto, é fundamental ressaltar que alguns desses produtos, mesmo sendo naturais,

podem ter efeitos indesejáveis sobre os polinizadores, portanto, sua utilização deve ser realizada com cautela, levando em consideração a preservação desses importantes agentes na agricultura (MEDEIROS *et al.*, 2011).

Sistemas de cultivo orgânico e produção familiar que adotam práticas de manejo agroecológico, enfatizam o uso de métodos naturais e sustentáveis, promovendo a biodiversidade e o equilíbrio nos agroecossistemas ao evitar o uso de pesticidas e fertilizantes químicos (ALTIERI, 2002). A combinação entre a conservação de áreas de vegetação natural em torno de cultivos, com uma diversidade de recursos vegetais e minimização do uso de produtos para o controle de pragas contribui para a manutenção e saúde das comunidades de abelhas e para a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas (YAMAMOTO *et al.*, 2010).

2.4 Agricultura Orgânica e Familiar no Brasil e no Distrito Federal

A agricultura orgânica é um sistema de cultivo que se baseia em quatro princípios fundamentais, definidos pela Federação Internacional dos Movimentos da Agricultura Orgânica (IFOAM, 2008). O primeiro princípio é o da saúde, que busca preservar e aprimorar a qualidade dos solos, promovendo a saúde das plantas, animais, seres humanos e do planeta como um todo. O segundo princípio é o das interações ecológicas, que enfatiza que a agricultura orgânica deve se basear nos sistemas ecológicos vivos e seus ciclos, trabalhando com eles, contribuindo para a sua sustentabilidade. O terceiro princípio é o da justiça, que estabelece relações justas no que diz respeito ao ambiente comum e às oportunidades de vida e as relações de comércio justas e equitativas. O quarto princípio é o da precaução. A agricultura orgânica deverá ser gerida de uma forma cautelosa e responsável de modo a proteger o ambiente, a saúde e o bem-estar das gerações atuais e daquelas que virão (IFOAM, 2008).

Sendo assim, a agricultura orgânica é um sistema de produção que promove a saúde dos solos, ecossistemas e pessoas, tendo como base os processos ecológicos, biodiversidade e ciclos adaptados às condições locais, em alternativa ao uso de insumos com efeitos adversos (IFOAM, 2008). Do ponto de vista histórico, teve seu início na década de 1920 (DESTRO, 2018), associada a movimentos filosóficos que buscavam uma conexão mais profunda com a terra como uma alternativa de vida (ALVES, SANTOS; AZEVEDO, 2012). Entretanto, só teve seu desenvolvimento

impulsionado anos depois, à medida que a conscientização sobre os efeitos prejudiciais da agricultura convencional, como o uso excessivo de fertilizantes e pesticidas químicos foram evidenciados, aumentando a demanda por alimentos saudáveis (ALVES, SANTOS; AZEVEDO, 2012; SILVA; SILVA, 2016). No Brasil, o movimento da agricultura orgânica se fortaleceu após a Revolução Verde que ocorreu no país na década de 1970 (MATOS; PESSÔA, 2011), quando, apesar dos avanços significativos para a produção agrícola, os ganhos foram acompanhados por degradação ambiental e perda de biodiversidade (OCTAVIANO, 2010).

Atualmente, a agricultura orgânica no Brasil alcançou um estágio consolidado, com um aumento significativo do número de produtores (BRASIL, 2019). O País conta com uma legislação específica para a produção orgânica, cujas normas e os regulamentos técnicos são estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A Lei nº 10.831, promulgada em 23 de dezembro de 2003, estabeleceu as diretrizes para a produção e venda de produtos orgânicos no Brasil. Sua regulamentação, através do Decreto nº 6.323/2007 e normas complementares, foi desenvolvida de maneira participativa, envolvendo a Rede de Produção Orgânica, representantes da sociedade civil, especialistas técnicos, pesquisadores e consumidores (BRASIL, 2007). Esse marco regulatório tem sido fundamental para assegurar a integridade e a confiabilidade dos produtos orgânicos, ao mesmo tempo em que orienta os produtores no cumprimento dos requisitos de produção, processamento, rotulagem e comercialização desses produtos.

Existem três formas diferentes de certificar os produtos orgânicos: certificação por auditoria, certificação pelos sistemas participativos de garantia, e controle social para venda direta sem certificação (MAPA, 2008). No caso da certificação por auditoria, o selo de controle é emitido por empresas públicas ou privadas, com ou sem fins lucrativos, que realizam auditorias nos processos de produção, embalagem e transporte das mercadorias (MAPA, 2008). A certificação por meio dos sistemas participativos de garantia é realizada por grupos compostos por produtores, consumidores, técnicos e pesquisadores, sejam eles pessoas jurídicas ou não, que são formalmente responsáveis pelas atividades relacionadas à certificação. O controle social para venda direta sem certificação é realizado por grupos de produtores, associações, cooperativas ou consórcios, com ou sem personalidade jurídica. Os agricultores dessa categoria vendem seus produtos apenas em feiras, diretamente ao consumidor, sem o selo oficial (MAPA, 2008). Dados de um levantamento realizado

por Galhardo *et al.* (2019) apontam que em 2018 havia 16.538 produtores de orgânicos cadastrados no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO) em todo o País. Desses, 38,46% possuíam produtos com a certificação por auditoria, 32,95% certificação por meio dos sistemas participativos e 28,59% por organismos de controle social. No Distrito Federal, dos 332 cadastrados no CNPO, 23,19% possuíam certificação por auditoria, 47,89% certificação por meio dos sistemas participativos e 28,92% por meio de organismos de controle social (GALHARDO *et al.*, 2019).

Associado aos movimentos de produção de base agroecológica, há um outro modelo de agricultura denominado como agricultura familiar, que emergiu no Brasil das lutas de base organizadas pelos movimentos sociais do campo, e pelo sindicalismo rural ligado à CONTAG - Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura, a partir de meados da década de 1990 (CONTERATO e FILLIPI, 2009). A agricultura familiar pode ser definida como um tipo de produção agrícola que é gerenciada e operada por famílias, em que a terra é a principal fonte de subsistência, com uso intensivo de recursos naturais, produção diversificada e integração com outras atividades econômicas e sociais no meio rural (IPEA, 2019).

A expressão agricultura familiar adquiriu contornos formal-operativos em 1996, com a criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF, 1996). Esses contornos foram plenamente estabelecidos com a incorporação definitiva da terminologia ao ordenamento jurídico brasileiro por meio da Lei 11.326, promulgada em 24 de julho de 2006 (BRASIL, 2006). Segundo essa lei, a agricultura familiar é definida como uma unidade de produção com área não superior a quatro módulos fiscais, sendo gerenciada pela própria família e com mão de obra predominantemente familiar. Além disso, a renda obtida nesse tipo de agricultura provém principalmente das atividades econômicas relacionadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento (BRASIL, 2006; CODEPLAN, 2015).

No Brasil, estima-se que 90% da produção orgânica vêm da agricultura familiar (SEBRAE, 2012; SOUSA, CAJÚ; OLIVEIRA, 2015). Em 2017, o Censo Agropecuário apontou que 77% dos estabelecimentos agropecuários são considerados como agricultura familiar, e que esse setor emprega mais de 10 milhões de pessoas, o que representa 67% das pessoas ocupadas no meio rural (IBGE, 2017), respondendo por 23% de toda produção agropecuária brasileira, o que significa que R\$ 107 bilhões provêm desse sistema de produção (CONAB, 2021). No Distrito Federal, dos 11 mil produtores registrados, 8,2 mil são do segmento familiar (EMATER, 2019). A maioria

dos produtores orgânicos e familiares do DF tem como principal fonte de renda e produção o cultivo de lavouras de hortaliças, que são vendidas em diversos canais de comercialização (EMATER, 2023).

No contexto do Brasil e do Distrito Federal, a adoção de produções agroecológicas, através da agricultura familiar e orgânica, contribui para a preservação e promoção de polinizadores, como as abelhas, sendo essenciais em cultivos com grande importância econômica e social, como é o caso dos tomateiros. Dessa forma, cultivos como o tomate podem ser bons modelos para testar e utilizar técnicas agroecológicas que favoreçam a biodiversidade de espécies provedoras de serviços ecossistêmicos como as abelhas.

2.5 Cultivo de tomate no Distrito Federal

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) (Solanaceae: Tubiflorae), é uma espécie herbácea anual originária da região oriental da América do Sul (PERALTA, 2008). Ao longo das últimas duas décadas, sua produção global tem experimentado um aumento significativo, sendo cultivado em quase todos os países ao redor do mundo. De acordo com a FAO, o mundo produziu cerca de 186.821 milhões de toneladas métricas de tomate em 5.051.983 hectares em 2020, alcançando uma média de rendimento de 37,1 mT/ha (FAO, 2021). Esses números destacam a importância do tomate como uma cultura em expansão, tanto em termos de consumo quanto de produção global. No Brasil, a quantidade produzida no ano de 2021 foi equivalente a 3.679.160 milhões de toneladas em uma área de aproximadamente 52 mil hectares, sendo o estado de Goiás o que mais se destaca na produção de tomates, com cerca de 1.026.055 de toneladas produzidas em aproximadamente 10 mil ha (IBGE, 2021).

No Distrito Federal, foram produzidas 28.000 toneladas de tomate no ano de 2021, em uma área de aproximadamente 350 ha, com rendimento médio de 80.000 kg por hectare. No ano de 2022, das 22.335 toneladas de tomate comercializadas na CEASA-DF, 55,16% foram cultivadas no Distrito Federal (CONAB, 2023). Esses números indicam que a produção local de tomate tem uma participação significativa na comercialização neste centro de abastecimento. Do total da comercialização mencionada, 67,20% foram realizadas por produtores locais, enquanto 32,80% foram feitas por empresas permissionárias (CEASA, 2023). O relatório de dados divulgados

sobre Área, Produção e Agricultores de Olerícolas por Escritórios da EMATER no Distrito Federal, em 2022, demonstrou que o tomate foi a hortaliça com maior produção em número de toneladas no DF, mesmo não ocupando a maior área de produção. O preço médio de comercialização de uma caixa de tomate com 19 a 21 kg, aproximadamente, chegou a variar entre R\$140,00 a R\$160,00 no ano de 2023 (EMATER, 2023; CEASA, 2023).

Os tomateiros podem apresentar crescimento determinado, onde há um limite no crescimento da planta, ou indeterminado, onde o crescimento é ilimitado (CAPECHE *et al.*, 1998). As variedades de crescimento determinado são adequadas para o plantio em larga-escala, sem a necessidade de estacas, e são conhecidas como tomate rasteiro, normalmente cultivado para fins industriais. Já as cultivares de hábito de crescimento indeterminado produzem frutos destinados ao consumo *in natura* e possuem um potencial de crescimento ilimitado, e nesse caso o tutoramento ou uso de estacas se faz necessário para manter a planta ereta e evitar que os frutos entrem em contato com o solo (MATOS *et al.*, 2012).

Dentro da cadeia de produção do tomate existem duas vertentes distintas: o cultivo voltado para consumo fresco e o cultivo destinado à indústria. Essas diferenças são influenciadas pelas características intrínsecas relacionadas ao processo de produção, beneficiamento, processamento e comercialização do tomate (CAMARGO, 2006). O estado de Goiás se destaca como principal produtor de tomate industrial, responsável por aproximadamente 60% da produção nacional para esse fim, seguido por São Paulo e Minas Gerais (TREICHEL *et al.*, 2016). Já para o consumo *in natura*, os principais estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Bahia, Paraná e Santa Catarina. Os tipos de tomate mais comercializados no Brasil são o Salada Longa Vida, seguido pelo Italiano e os mini tomates (cereja) (CONAB, 2019).

As flores do tomateiro não produzem néctar e são capazes de se autopolinizar. Portanto, os tomateiros não são dependentes da polinização para reprodução. Por apresentarem flores deiscidas com anteras poricidas, necessitam de um movimento de vibração para liberarem seu pólen pelos seus poros apicais (BUCHMANN, 1983). Esse processo pode ser realizado pela ação do vento ou pela visita de abelhas capazes de vibrar a flor para que o pólen seja liberado (BUCHMANN, 1983; NUNES-SILVA *et al.*, 2010). As abelhas que possuem tal comportamento fixam suas pernas e mandíbulas no cone de antera e, então, contraem a musculatura torácica, transmitindo vibrações para as anteras através do tórax e pernas (BUCHMANN; HURLEY, 1978).

A vibração produzida permite a liberação do pólen para fora da antera e, conseqüentemente, a polinização. Esse comportamento foi denominado polinização por vibração ou “*buzz-pollination*” por Buchmann (1983). Algumas abelhas apresentam outro comportamento, denominado polinização por ordenha, ou “*milking*”, efetivo na polinização de tomateiros. Nesse caso, as abelhas introduzem a probóscide (língua) no cone de anteras para retirar o pólen e, ao mesmo tempo, os grãos de pólen são depositados no estigma (THORP, 2000). Ao visitar outras flores, os pólenes aderidos na cabeça das abelhas podem tocar no estigma, ocorrendo assim a polinização cruzada (BISPO DOS SANTOS *et al.*, 2014).

No Brasil, os principais visitantes florais do tomate incluem os gêneros *Melipona*, *Xylocopa*, *Centris* e *Bombus* (GIANNINI *et al.*, 2014). Algumas famílias de abelhas nativas brasileiras, incluindo Andrenidae, Apidae (com exceção de *Apis*), Colletidae, Halictidae e Megachilidae, são capazes polinizar flores por *buzz-pollination* (BUCHMANN; HURLEY, 1978). No DF, alguns dos gêneros já amostrados como visitantes florais dos tomateiros incluem *Exomalopsis*, *Bombus*, *Euglossa* e *Augochloropsis* (ASSUNÇÃO *et al.*, 2022). As abelhas nativas e silvestres são consideradas as principais polinizadoras do tomate, especialmente quando estão presentes em maior número e diversidade nos arredores de áreas naturais (KREMEN *et al.*, 2004; GAGLIANONE *et al.*, 2015). No entanto, devido à intensificação das atividades agrícolas, o desmatamento e a utilização indiscriminada de pesticidas, entre outros fatores, os habitats das populações de polinizadores nativos estão se fragmentando e suas populações estão em declínio (IMPERATRIZ-FONSECA *et al.*, 2007; GAGLIANONE *et al.*, 2015). Esse declínio pode resultar em um déficit de polinização em diversas culturas em todo o mundo, incluindo o tomateiro. Manejar tanto as áreas de vegetação natural, quanto às áreas de produção orgânica, contribui para uma agricultura sustentável fundamentada nos serviços providos pela biodiversidade.

Diante do exposto, espera-se que a presença de uma paisagem diversificada desempenhe um papel importante na promoção da presença de visitantes florais nos cultivos de tomateiro, contribuindo para a manutenção da diversidade de abelhas nas áreas circundantes (FERREIRA *et al.*, 2020; ASSUNÇÃO *et al.*, 2022). Os efeitos benéficos para a conservação de polinizadores são mais pronunciados em situações em que a perda de habitats naturais e a fragmentação desses habitats não são significativas em escalas mais amplas da paisagem (ASSUNÇÃO *et al.*, 2022). As

áreas de vegetação natural podem ter um papel importante na conservação e manutenção das populações de abelhas (ASSUNÇÃO *et al.*, 2022), por isso é importante identificar como as abelhas usam os habitats cultivados e as áreas de vegetação nativa.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral:

O objetivo deste estudo é compreender como as áreas de remanescentes de vegetação natural de Cerrado, que fazem parte das áreas de preservação permanente das propriedades rurais, contribuem para a manutenção da diversidade da comunidade de abelhas presentes em áreas de cultivo orgânico de tomate. Espera-se contribuir para a proposição de estratégias de manutenção dessas áreas naturais e sua biodiversidade associada.

3.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar a composição da vegetação natural na paisagem das propriedades.
- Caracterizar a comunidade de abelhas presentes nas áreas de vegetação natural do Cerrado e nas áreas de cultivo orgânico das propriedades.
- Comparar a diversidade, a composição e a similaridade da assembleia de abelhas entre as áreas naturais de Cerrado e áreas de cultivos orgânicos dentro das propriedades.
- Compreender como as espécies de abelhas utilizam os habitats naturais e os cultivos de tomate na paisagem.

4. HIPÓTESES

A presença da vegetação nativa de Cerrado nas propriedades deve ter um impacto positivo na diversidade de abelhas, pois diferentes espécies e grupos funcionais nidificam nessas áreas. Onde há maior quantidade desses fragmentos é

possível que as abelhas possam usar essas áreas como corredores para dispersão e colonizar as áreas de cultivo.

Portanto, as áreas de vegetação nativa devem apresentar alta abundância e riqueza de abelhas devido a maior quantidade de flores e deve permitir que parte da diversidade de abelhas colonize os ambientes agrícolas.

Considerando que as propriedades estudadas realizam cultivo orgânico e não utilizam pesticidas químicos, espera-se que esses habitats sejam mais permeáveis à movimentação das abelhas vindas das áreas naturais.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo:

O estudo de campo foi conduzido entre julho e novembro de 2022, em quatro propriedades rurais de agricultura familiar, localizadas no Distrito Federal (DF), Brasil. (Figura 1; Tabela 1). O tamanho médio das propriedades amostradas é de 7 ha e as mesmas se localizam distantes no mínimo 4 km uma da outra (Figura 1). Essas propriedades empregam principalmente mão-de-obra familiar para a gestão e produção de culturas. São cultivadas nas propriedades em média 10 culturas distintas, incluindo frutos, como banana e maracujá, hortaliças, como o tomate, o pepino e a berinjela, e tubérculos, como a batata doce e a mandioca.

Todas as propriedades rurais selecionadas adotam o sistema de produção orgânico e possuem, há pelo menos oito anos, certificação, em conformidade com o que é exigido pela Lei 10.831/2003 (BRASIL, 2003). As práticas agrícolas empregadas em cada propriedade estavam em conformidade com o que é estabelecido pela Portaria N°52, do MAPA, como o tipo de adubação, o manejo de espontâneas, a cobertura do solo e a forma de controle de pragas. As práticas de manejo de cada propriedade foram descritas na Tabela 1.

O clima da região é tropical (Köppen Aw), com precipitação anual média variando de 1100 a 1600 mm (INMET, 2022), sendo que cerca de 90% da precipitação ocorre na estação chuvosa (outubro a abril), havendo uma estação seca bem definida (maio a setembro). As coletas de abelhas foram realizadas semanalmente entre os meses de julho e novembro de 2022.

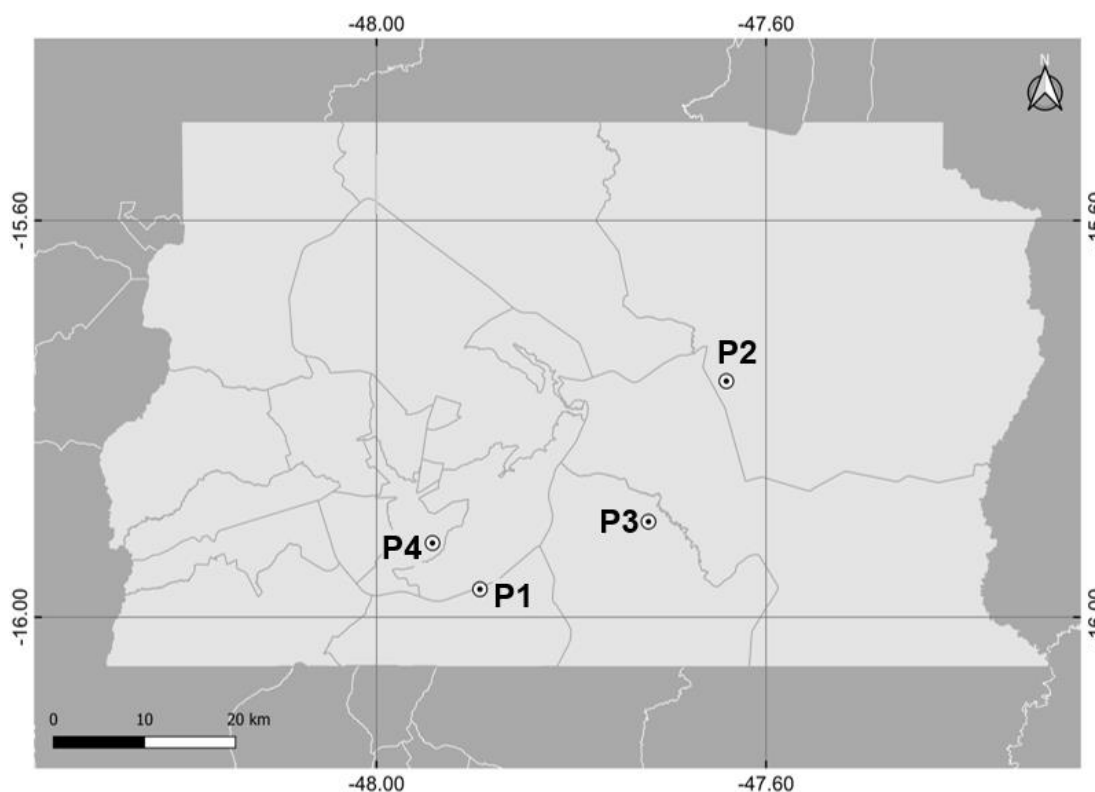


Figura 1: Mapa do Distrito Federal com a localização das quatro propriedades estudadas (P1, P2, P3 e P4).

Tabela 1: Práticas de manejo adotadas em quatro propriedades rurais de agricultura familiar (P1, P2, P3 e P4) localizadas no Distrito Federal, Brasil. Dados fornecidos em 2022 pelos proprietários.

PROPRIEDADE	PRÁTICA AGRÍCOLA	QUEBRA VENTO	MANEJO DE ESPONTÂNEAS	CONTROLE DE PRAGAS	ADUBAÇÃO	COBERTURA DO SOLO
P1	quebra vento, rotação de culturas	margaridão (<i>Tithonia diversifolia</i>) e bananeira (<i>Musa sp.</i>)	capina manual total	óleo de <i>neem</i> e controle biológico (<i>Beauveria</i> e <i>Metarhizium</i>)	sem informação	plástico
P2	pousio, quebra vento	margaridão (<i>Tithonia diversifolia</i>)	roçagem e capina manual seletiva	dipel e controle biológico (<i>Trichogramma</i>)	adubo orgânico	sem cobertura
P3	quebra vento	margaridão (<i>Tithonia diversifolia</i>), bananeira (<i>Musa sp.</i>) e capins	capina total dentro do cultivo	óleo de <i>neem</i> , sulfato de enxofre, citrocele (bactericida), dipel e inseticidas e bactericidas (liberados)	compostagem, cama de frango, palhagem, adubo orgânico	sem cobertura
P4	pousio, quebra vento, rotação de culturas	capins e bananeira (<i>Musa sp.</i>)	capina total	óleo de <i>neem</i> ; dipel e extrato pirelenhoso	adubo orgânico, farelo de arroz, yoorin	capim e espontâneas

5.2 Caracterização e composição das áreas de vegetação natural da paisagem

A caracterização do contexto da paisagem permite a comparação entre as propriedades no que diz respeito à quantidade e tipo de vegetação natural do Cerrado. Para compreender um contexto geral da composição das áreas de vegetação natural ao redor das propriedades amostradas, foi utilizado o mapa do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil – MapBiomias (MAPBIOMAS, 2022; SOUZA *et al.*, 2020). Para este trabalho foi utilizado o mapa mais atualizado de cobertura e uso do solo do bioma Cerrado da Coleção 7 do Projeto MapBiomias, do ano de 2022. Sua resolução espacial é de 30x30 metros, georreferenciado com base nas cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, na escala de 1:250.000 (MAPBIOMAS, 2022; SOUZA *et al.*, 2020).

Com o *software* livre QGIS (QGIS 2022) foram delimitados no mapa círculos concêntricos (*buffers*) com raios de 2 km, cujo centro é o cultivo de tomate. A distância determinada tem base na média da capacidade de voo das abelhas que visitam plantações de tomateiro (GREENLEAF *et al.*, 2007; ZURBUCHEN *et al.*, 2010). A caracterização da paisagem das propriedades foi realizada baseando-se na porcentagem de cada tipo de vegetação natural do Cerrado encontrada dentro do buffer. Para isso, foi determinada a porcentagem de áreas de floresta, savana, área campestre e área úmida na paisagem ao redor das propriedades, utilizando o plugin *Landscape Ecology Statistics* (LecoS) (JUNG, 2012). As áreas de floresta englobam formações vegetais com predominância de dossel contínuo, compostas por espécies arbóreas ou arbóreo-arbustivas. Já as áreas de savanas compreendem as formações vegetais abertas, apresentando um estrato arbustivo e/ou arbóreo mais ou menos desenvolvido, além da presença de um estrato herbáceo. As áreas campestres são caracterizadas pelo predomínio de espécies herbáceas, formando um estrato herbáceo marcante. Por fim, as áreas úmidas abrangem áreas como veredas e matas de galeria (MAPBIOMAS, 2022). O software QGIS (QGIS 2022) também foi utilizado para medir a distância entre o cultivo de tomateiros e a área de vegetação natural mais próxima dentro das propriedades.

5.3 Amostragem de abelhas

Para a comparação dos padrões de diversidade de abelhas entre as áreas de vegetação natural e as áreas de cultivo, foram realizadas coletas em diferentes áreas componentes das propriedades. Foram utilizadas armadilhas do tipo *malaise* e armadilhas do tipo *pan trap* para as coletas. Essas armadilhas se complementam em pesquisas de ecologia de abelhas devido às suas diferenças na atração e coleta de espécies, permitindo uma amostragem mais abrangente e representativa de uma população em uma área de estudo. As armadilhas do tipo *pan trap* são atrativas para as abelhas que visitam flores, especialmente aquelas que são atraídas por cores brilhantes e contrastantes com o substrato, como o azul (GOULSON *et al.*, 2008). As abelhas que são capturadas nessas armadilhas geralmente são aquelas que estão ativamente forrageando por alimento. A coleta de abelhas por meio de armadilhas do tipo *pan trap* é eficiente e não prejudica a integridade dos espécimes coletados (PRAZ *et al.*, 2008). Já as armadilhas do tipo *malaise* são um método de interceptação passivo eficaz na captura de abelhas ativas durante o dia e noite, independentemente de sua preferência por cor ou odor (POTTS *et al.*, 2005). Essas armadilhas geralmente são montadas em áreas onde as abelhas são mais propensas a voar, como bordas de florestas ou áreas de transição entre diferentes tipos de habitat. As abelhas capturadas nessas armadilhas são frequentemente provenientes de áreas mais distantes do local da armadilha e podem fornecer informações sobre a distribuição e movimentação das abelhas em uma determinada área (STEFFAN-DEWENTER *et al.*, 2002).

As armadilhas *malaise*, do modelo Townes (1962), interceptam os insetos voadores a partir de uma tenda de tecido escuro aberta na parte frontal, cujo canto elevado de tecido branco direciona os insetos para cima em direção à claridade, onde há uma solução para captura (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2009). Neste estudo, as armadilhas foram montadas com tecido de voil preto e branco, com medidas de 200 cm de comprimento, 110 cm de largura e 170 cm de altura no canto elevado, sendo 120 cm a altura do canto não elevado. O recipiente de armazenagem (500 ml) foi preenchido com aproximadamente 200 ml de solução composta por 50% de água, 30% de glicerina e 20% de álcool, e uma colher de detergente a cada 6L. As armadilhas foram posicionadas em dois pontos perpendiculares a ação do vento M1: dentro de um raio de 3 m do cultivo de tomateiros; e M2: dentro da área de vegetação

natural mais próxima do cultivo, onde ficaram durante quatro semanas e foram monitoradas semanalmente para a coleta dos insetos.

Para a montagem das armadilhas *pan trap*, foi preso um recipiente térmico de poliestireno (300 ml) no topo de um cano de PVC de 1 m de altura. Para pintar o recipiente foi utilizada a tinta Colorgin Luminosa na cor azul (CAMPBELL; HANULA, 2007) e preenchido com 200 ml de solução (60% água, 30% propileno glicol e 10% de álcool e, com uma colher de detergente sendo adicionada a cada 6L). Foram posicionadas 10 armadilhas em cada um dos pontos definidos, sendo eles PT1: dentro dos cultivos de tomateiros; PT2: dentro de um raio de 10 m do cultivo; e PT3: dentro da área de vegetação natural mais próxima do cultivo, totalizando 30 armadilhas *pan trap* por propriedade. A distância entre as armadilhas em cada ponto foi de 10 m entre elas.

Após a coleta, as abelhas foram triadas e montadas em alfinetes entomológicos ou mantidas em álcool para a sua identificação. As identificações foram realizadas até o menor nível taxonômico possível, com base em Silveira *et al.* (2002). Com o objetivo de identificar quais espécies são polinizadoras efetivas do tomateiro, as abelhas foram classificadas de acordo com sua capacidade de realizar ou não a polinização por vibração (*buzz pollination*) com base na literatura.

5.4 Análise de Dados

Para caracterização da diversidade de abelhas coletadas, usamos dados de abundância (número de indivíduos) e riqueza de espécies (número de gêneros/tribos representando as morfoespécies) de abelhas e calculamos o Índice de Shannon e Índice de Simpson. Isso foi feito para os dados amostrados nas armadilhas *pan trap* e *malaise* de todas propriedades rurais e para os diferentes habitats (cultivo – dentro dos cultivos de tomateiro, borda – dentro de um raio de 10 m do cultivo, natural – área de vegetação natural mais próxima em conjunto).

O Índice de Shannon (H') dá mais peso às espécies raras e leva em consideração a abundância relativa de cada espécie presente, ou seja, a proporção de indivíduos de cada espécie em relação ao total (SHANNON; WEAVER, 1949). Quanto maior a riqueza de espécies e a distribuição equitativa entre elas, maior será o valor de H' . Por outro lado, o Índice de Inverso de Simpson (D') dá mais peso às espécies mais comuns, ele mede a probabilidade de dois indivíduos escolhidos

aleatoriamente pertencerem à mesma espécie (SIMPSON, 1949). Valores mais altos de D' indicam uma maior dominância de algumas espécies em relação às outras. Para calcular os índices utilizamos o software PAST (HAMMER *et al.*, 2001).

Também utilizamos o método de curva de rarefação no *software* online iNEXT (CHAO *et al.*, 2016). A curva de rarefação nos permite comparar o número de espécies entre comunidades quando o número de indivíduos não é igual. O número esperado de espécies em cada comunidade é comparado com um valor em que todas as amostras tenham um tamanho padrão (GOTELLI; COLWELL, 2001). Para avaliar a similaridade das assembléias de abelhas entre as propriedades rurais e entre os habitats (cultivo, borda, vegetação natural) amostradas utilizamos uma análise de *Cluster* para criar uma matriz de distâncias com o método Bray-Curtis (abundância) de espécies. As análises de similaridade foram feitas no *software* PAST (HAMMER *et al.*, 2001).

6. RESULTADOS

6.1 Composição da paisagem das propriedades

A composição das áreas naturais variou entre as propriedades (Figura 2). A propriedade 1 (P1) apresentou a maior proporção de área natural, com 73,11% de cobertura. Em seguida, a P2 teve 40,43% de área natural identificada, seguida pela P3 com 36,57%. Por fim, a P4 exibiu a menor porcentagem de área natural entre as propriedades, correspondendo a 22,50% do total (Figura 2). As propriedades 1 (P1) e 2 (P2) se destacam pela extensa cobertura de savana em suas áreas naturais, representando, respectivamente, 70,86% e 61,60% dessas áreas. Em contraste, as propriedades 3 (P3) e 4 (P4) possuem proporções menores de savana, todas abaixo de 25% (Figura 3). Além disso, P3 também exibe uma significativa proporção de formação campestre, representando mais de 70% de sua área natural. Em relação à cobertura de floresta e área úmida, P4 se destaca ao apresentar uma proporção maior em comparação às outras propriedades (14,67%). Por outro lado, P1 e P3 possuem proporções muito inferiores de área úmida, chegando a ser aproximadamente oito vezes menores que as demais (Figura 3).

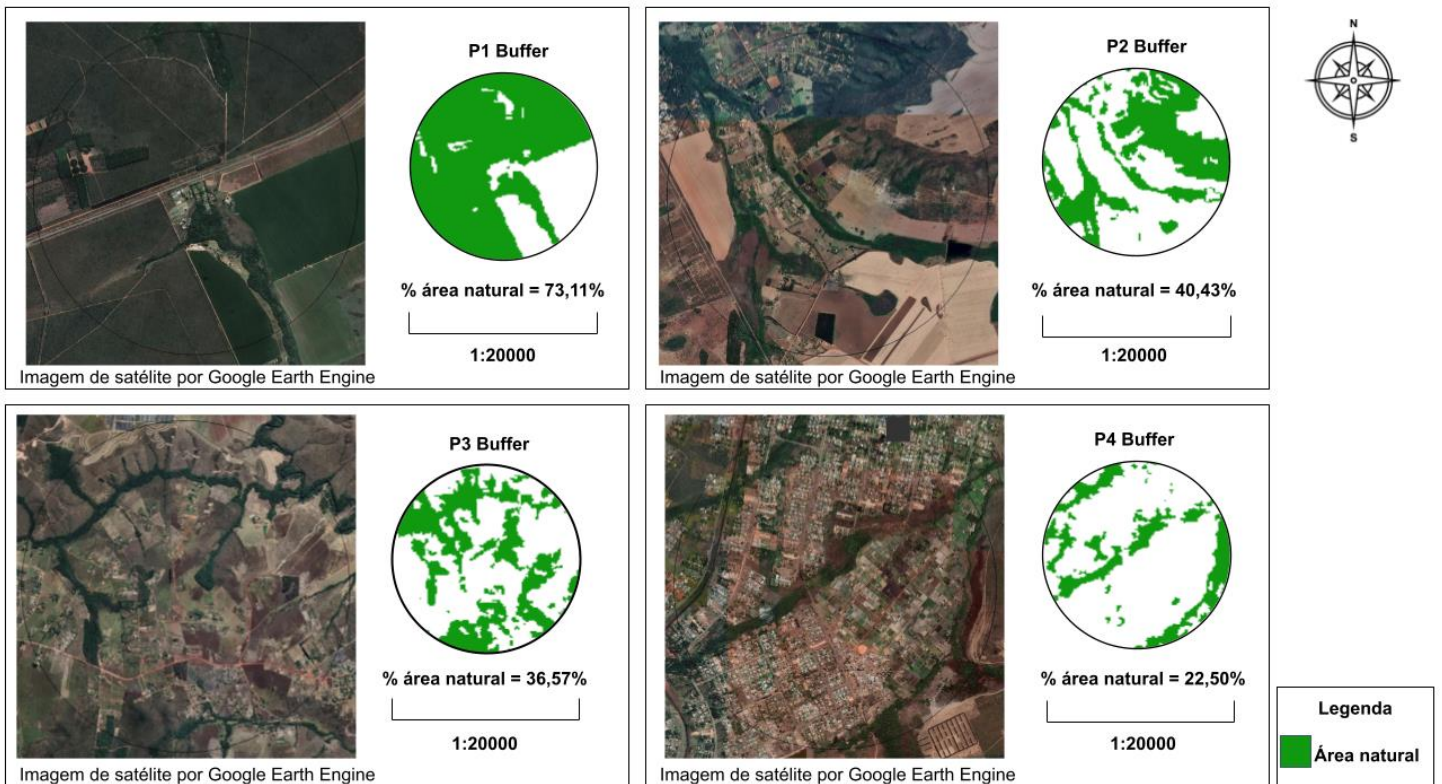


Figura 2: Imagens de satélite da área das propriedades orgânicas (P1, P2, P3 e P4) localizadas no Distrito Federal (DF), disponíveis através do *Google Earth Engine* em 2022. Cada círculo representa um buffer com raio (r) de 2 km e área de 1.257 hectares (ha), cujo centro é o cultivo de tomateiros. A cor verde representa a área natural demarcada pelo software QGIS (2022).

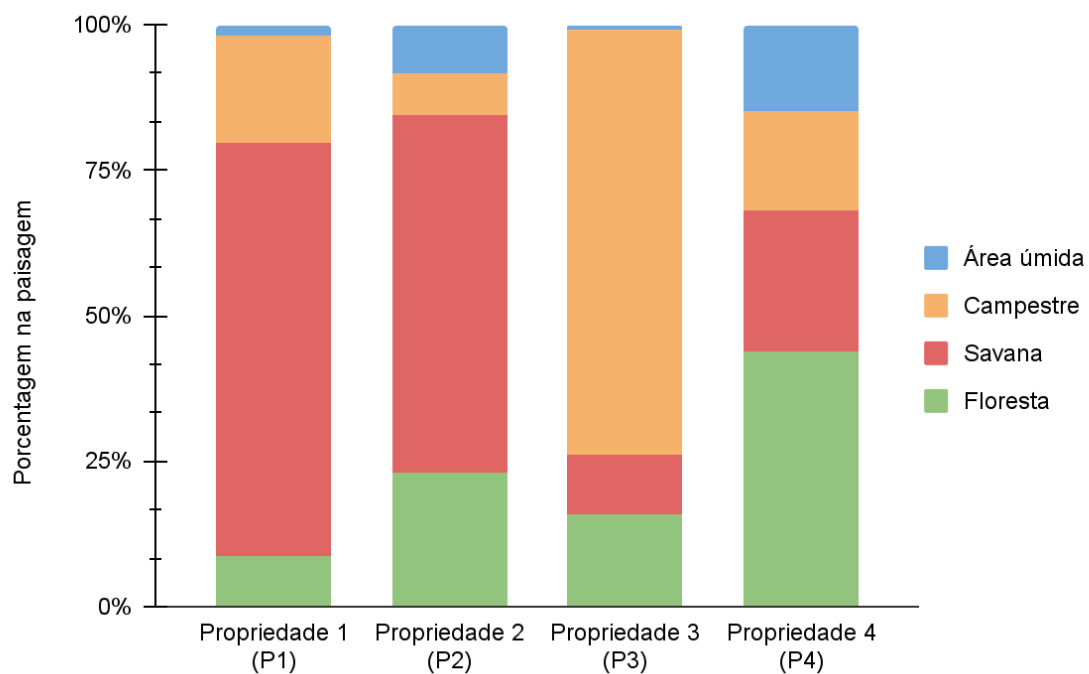


Figura 3: Composição da paisagem indicando a porcentagem de fitofisionomia de floresta, savana, campestre e área úmida na área de vegetação natural total de cada uma das propriedades orgânicas produtoras de tomate na região do Distrito Federal (P1, P2, P3 e P4), respectivamente. Métricas calculadas no *plugin* LecoS do software QGIS (2022), com base no mapa do bioma Cerrado (Coleção 7) do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil – MapBiomias, de 2022.

6.2 Diversidade de abelhas amostradas

Foram coletados um total de 1870 indivíduos, distribuídos em 52 gêneros pertencentes a 23 tribos e cinco famílias (i.e., Apidae, Colletidae, Halictidae, Megachilidae e Andrenidae) (Tabela 2). Apidae foi a família com mais gêneros amostrados (36 gêneros), seguida por Halictidae (9) e Megachilidae (4) (Tabela 2). As famílias mais abundantes foram Halictidae (999 indivíduos) e Apidae (840), respectivamente (Tabela 2). De forma geral, os gêneros mais abundantes foram representantes da família Halictidae (804 indivíduos), sendo os gêneros *Trigona* (186 indivíduos), *Apis* (171 indivíduos) e *Exomalopsis* (158 indivíduos) os mais abundantes, respectivamente (Tabela 2). Abelhas comuns no Brasil como as dos gêneros *Centris*, *Epicharis* (Centridini), *Bombus* (Bombini), *Melipona* e das tribos Augochlorini e Euglossini, que realizam a vibração de flores, também foram identificadas. Os gêneros que se destacaram por realizarem efetivamente a *buzz pollination* incluem os gêneros *Exomalopsis*, *Bombus* e *Augochloropsis* (Tabela 2).

Tabela 2: Abundância e frequência por gênero ou tribo de abelha em cada uma das propriedades amostradas (P1, P2, P3 e P4) localizadas no Distrito Federal, no período de junho a novembro de 2022. Local de coleta se refere aos habitats, sendo eles cultivo (C), borda (B) e vegetação natural (N).

FAMÍLIA Gênero/Tribo	P1	P2	P3	P4	Total	Frequência (gênero/tribo)	Local de coleta
ANDRENIDAE							
<i>Acamptopoeum sp.</i>	-	1	-	-	1	0,05%	B
<i>Oxaea spp.</i>	-	9	2	-	11	0,59%	C, B, N
Total:	-	10	2	-	12		
APIDAE							
<i>Ancyloscelis spp.</i>	-	7	-	-	7	0,37%	C, B, N

<i>Anthophora sp.</i>	-	1	-	-	1	0,05%	C
<i>Apis spp.</i>	18	109	20	24	171	9,14%	C, B, N
<i>Bombus spp.</i>	1	6	4	7	18	0,96%	C, B, N
<i>Centris spp.</i>	1	8	1	1	11	0,59%	C, B, N
<i>Ceratina spp.</i>	9	39	42	14	104	5,56%	C, B, N
<i>Chalepogenus spp.</i>	1	1	-	-	2	0,11%	B, N
<i>Ctenioschelus sp.</i>	-	1	-	-	1	0,05%	B
<i>Diadasina spp.</i>	-	2	-	1	3	0,16%	C, B, N
<i>Emphorini spp.</i>	-	3	-	3	6	0,32%	C, B
<i>Epicharis spp.</i>	-	2	-	-	2	0,11%	C, B
<i>Eucerini spp.</i>	-	5	-	1	6	0,32%	C, B, N
<i>Euglossa spp.</i>	4	4	1	-	9	0,48%	C, B, N
<i>Eulaema spp.</i>	1	1	-	1	3	0,16%	C, N
<i>Exomalopsis spp.</i>	68	29	51	10	158	8,45%	C, B, N
<i>Frieseomelitta sp.</i>	-	1	-	-	1	0,05%	C
<i>Geotrigona sp.</i>	-	7	8	1	16	0,86%	C, B
<i>Melipona spp.</i>	-	6	3	1	10	0,53%	C, B
<i>Melitoma spp.</i>	2	15	7	3	27	1,44%	B
<i>Mesocheira sp.</i>	1	-	-	-	1	0,05%	B
<i>Mesonychium spp.</i>	-	2	-	-	2	0,11%	B
<i>Mesoplia sp.</i>	-	1	-	-	1	0,05%	B
<i>Monoeca spp.</i>	-	2	2	1	5	0,27%	B, N
<i>Paratrigona spp.</i>	26	4	19	2	51	2,73%	C, B, N
<i>Partamona spp.</i>	-	5	5	2	12	0,64%	C, B, N
<i>Plebeia sp.</i>	-	1	-	-	1	0,05%	B
<i>Ptilothrix spp.</i>	1	-	1	4	6	0,32%	B, N
<i>Rhathymus sp.</i>	-	1	-	-	1	0,05%	B
<i>Scaptotrigona spp.</i>	-	-	-	3	3	0,16%	B
<i>Tetragona spp.</i>	-	1	-	4	5	0,27%	C, B, N
<i>Tetrapedia spp.</i>	1	-	1	-	2	0,11%	N
<i>Thygater spp.</i>	-	2	-	1	3	0,16%	C, B
<i>Trigona spp.</i>	12	33	115	26	186	9,95%	C, B, N
<i>Tropidopedia sp.</i>	-	1	-	-	1	0,05%	C
<i>Xanthopedia sp.</i>	-	1	-	-	1	0,05%	B
<i>Xylocopa spp.</i>	-	2	1	-	3	0,16%	C, B
Total:	146	303	281	110	840		

COLLETIDAE

<i>Ptiloglossa spp.</i>	1	3	-	-	4	0,21%	C, B
-------------------------	---	---	---	---	---	-------	------

Total:	1	3	-	-	4		
HALICTIDAE							
<i>Augochlora spp.</i>	15	45	22	26	108	5,78%	C, B, N
<i>Augochlorella spp.</i>	-	1	-	-	1	0,05%	N
Augochlorini spp.	-	6	9	18	33	1,76%	C, B, N
<i>Augochloropsis spp.</i>	5	8	20	3	36	1,93%	C, B, N
<i>Ceratalictus sp.</i>	1	-	-	-	1	0,05%	B
<i>Dialictus spp.</i>	10	-	-	-	10	0,53%	B, N
Halictini spp.	29	81	464	230	804	42,99%	C, B, N
<i>Pseudaugochlora spp.</i>	-	3	1	1	5	0,27%	C, B, N
<i>Sphecodes sp.</i>	-	1	-	-	1	0,05%	C
Total:	60	145	516	278	999		
MEGACHILIDAE							
<i>Coelioxys spp.</i>	-	3	-	-	3	0,160%	C, B
<i>Epanthidium sp.</i>	1	-	-	-	1	0,053%	N
<i>Lithurgus spp.</i>	1	-	1	-	2	0,107%	C, N
<i>Megachile spp.</i>	1	4	1	3	9	0,481%	C, B, N
Total:	3	7	2	3	15		
Total Geral	210	468	801	391	1870		

6.2.1 Diversidade e composição da assembleia de abelhas por propriedade rural

Os resultados obtidos revelaram diferenças nos parâmetros de diversidade entre as propriedades estudadas. A P2 apresentou maior riqueza média de gêneros ($28 \pm 9,64$ gêneros/propriedade; média \pm DP), seguida por P3 ($16 \pm 4,58$), P4 ($15 \pm 5,51$) e P1 ($13 \pm 6,81$). A abundância média de indivíduos foi maior na P3 ($267 \pm 214,81$; média \pm DP), seguida por P2 ($156 \pm 94,62$), P4 ($130 \pm 93,07$) e P1 ($70 \pm 25,24$). As propriedades P1 ($D= 0,203 \pm 0,13$; média \pm IC) e P2 ($D= 0,114 \pm 0,02$) apresentaram os menores índices de dominância, indicando uma distribuição mais equitativa da abundância de abelhas entre os gêneros amostrados. Por outro lado, as propriedades P3 ($D= 0,320 \pm 0,19$) e P4 ($D= 0,347 \pm 0,11$) tiveram padrões de dominância, porém mais que o dobro das demais. Em relação à diversidade de gêneros por propriedade (Figura 4), a P2 registrou o valor mais elevado ($H'= 2,66 \pm$

0,06; média \pm IC), indicando uma maior presença de espécies raras. A P1 também apresentou um valor de diversidade mais alto ($H' = 2,02 \pm 0,70$) e semelhante à P2, enquanto as propriedades P3 ($H' = 1,76 \pm 0,51$) e P4 ($H' = 1,71 \pm 0,25$) tiveram valores similares entre si, porém mais baixos.

Apesar de a P2 ter apresentado a maior riqueza média entre as demais propriedades, a análise da curva de rarefação (Figura 5) demonstrou que a riqueza estimada foi semelhante entre elas. No entanto, houve distinções na composição das assembleias de abelhas entre essas propriedades. Os coeficientes de similaridade (Figura 6) entre as 4 propriedades revelaram maior similaridade entre a propriedade 3 e a propriedade 4 (0,6), enquanto a propriedade 1 se mostrou a mais distinta em termos da composição de gêneros que compõem as assembleias de abelhas.

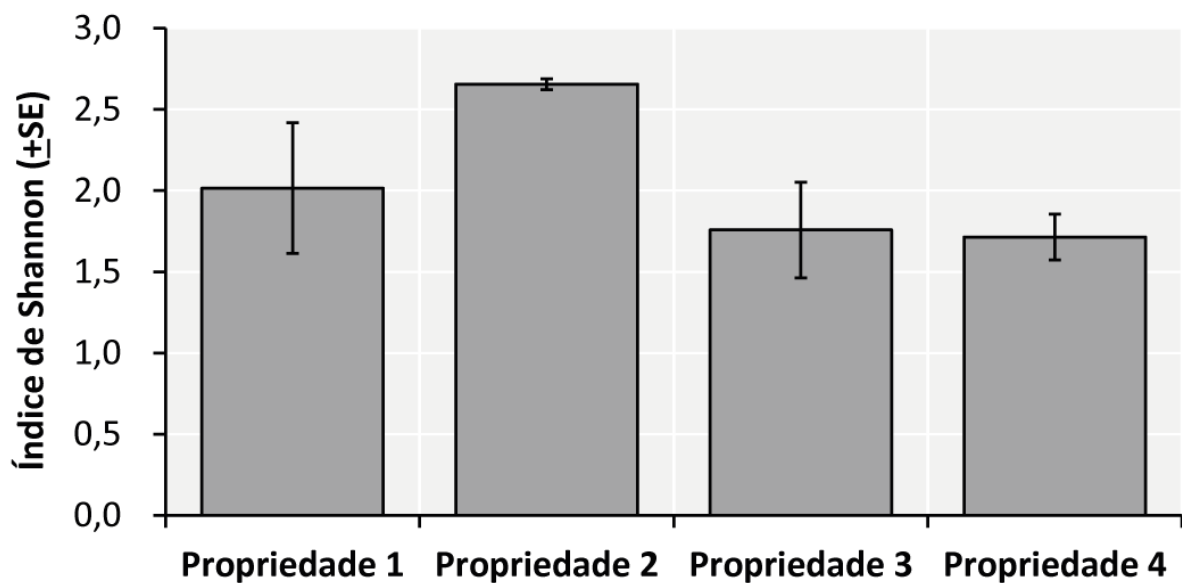


Figura 4: Índice de diversidade de Shannon de abelhas amostradas em diferentes propriedades orgânicas (P1, P2, P3 e P4) localizadas no Distrito Federal no período entre junho e novembro de 2022.

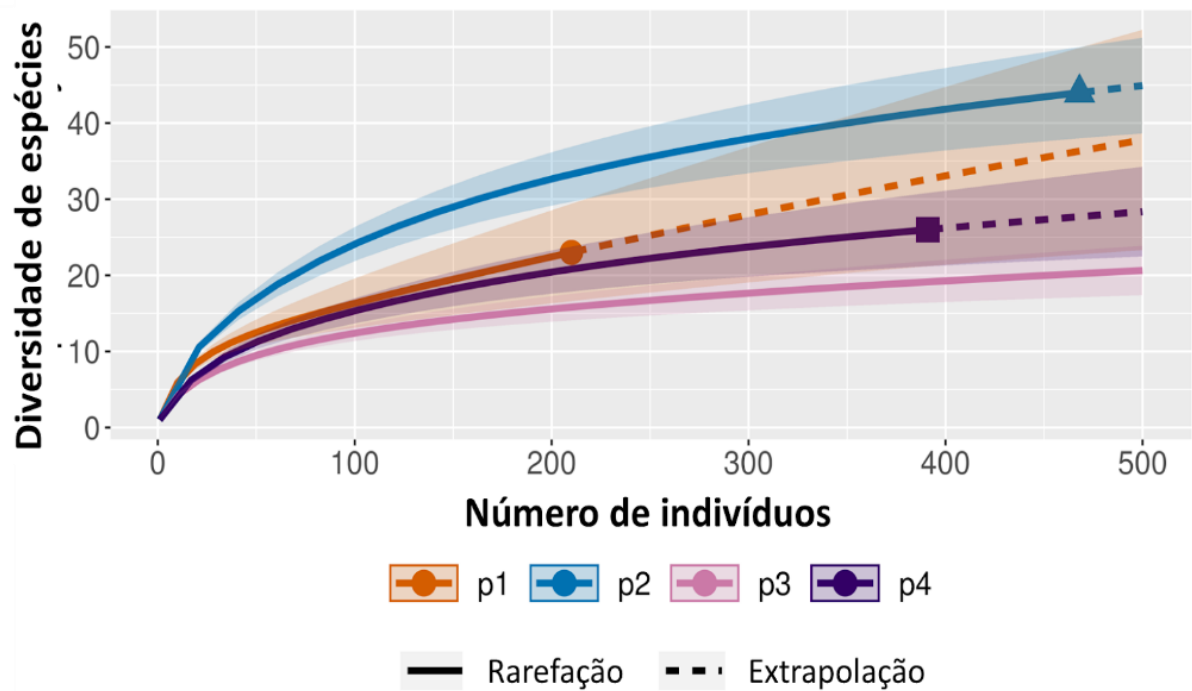


Figura 5: Curvas de rarefação de espécies de abelhas, por indivíduos amostrados entre junho e novembro de 2022 em propriedades orgânicas produtoras de tomate no Distrito Federal (P1, P2, P3 e P4).

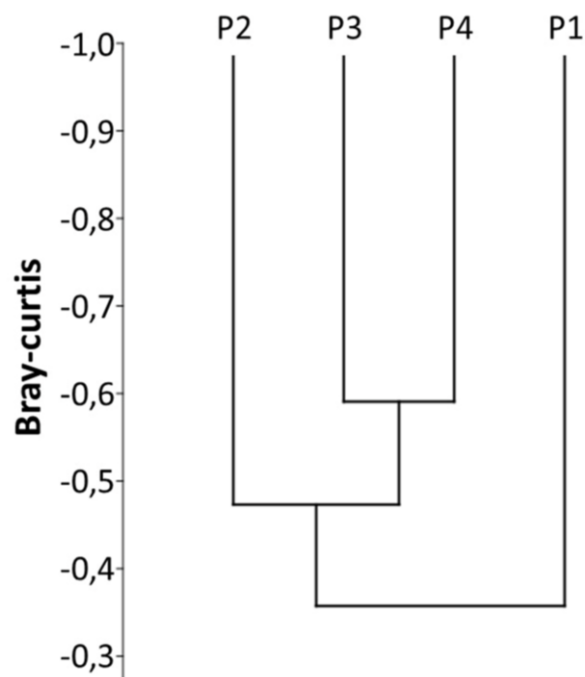


Figura 6: Análise de agrupamento da diversidade de abelhas entre as propriedades rurais P1, P2, P3 e P4. Análises baseadas em matrizes de distância de Bray-Curtis construídas a partir do número de espécies coletadas nas distintas propriedades.

6.2.2 *Diversidade e composição da assembleia de abelhas por tipo de habitat*

A análise comparativa da diversidade das assembleias de abelhas polinizadoras nos diferentes habitats da propriedade - borda, cultivo e vegetação natural - revelou que as bordas apresentaram a maior riqueza média por propriedade ($S = 22 \pm 8,85$; média \pm DP) e maior abundância média de gêneros por propriedade ($227,70 \pm 160,40$; média \pm DP). A área de cultivo demonstrou alta dominância média por propriedade ($D = 0,36 \pm 0,17$; média \pm IC), indicando uma distribuição mais concentrada em poucas espécies. Por outro lado, a área de vegetação natural destacou-se pelo maior índice de Shannon médio por propriedade ($H' = 2,34 \pm 0,39$; média \pm IC) (Figura 7), sugerindo uma maior diversidade de espécies raras. No entanto, a abundância média ($44,25 \pm 16,32$) e a dominância média por propriedade ($D = 0,14 \pm 0,08$) foram consideravelmente baixas nesse habitat.

As curvas de rarefação (Figura 8) indicaram que os habitats de borda, cultivo e natural não diferem em sua riqueza estimada. No entanto, ao analisar o coeficiente de similaridade (Figura 9), constatou-se uma distinção na composição das assembleias de abelhas polinizadoras nessas áreas. Especificamente, nas áreas de borda e cultivo, o coeficiente de similaridade foi mais elevado em relação às demais áreas (0,8), sugerindo que esses habitats compartilham um maior número de espécies de abelhas polinizadoras entre si do que com as áreas de vegetação nativa (Figura 9).

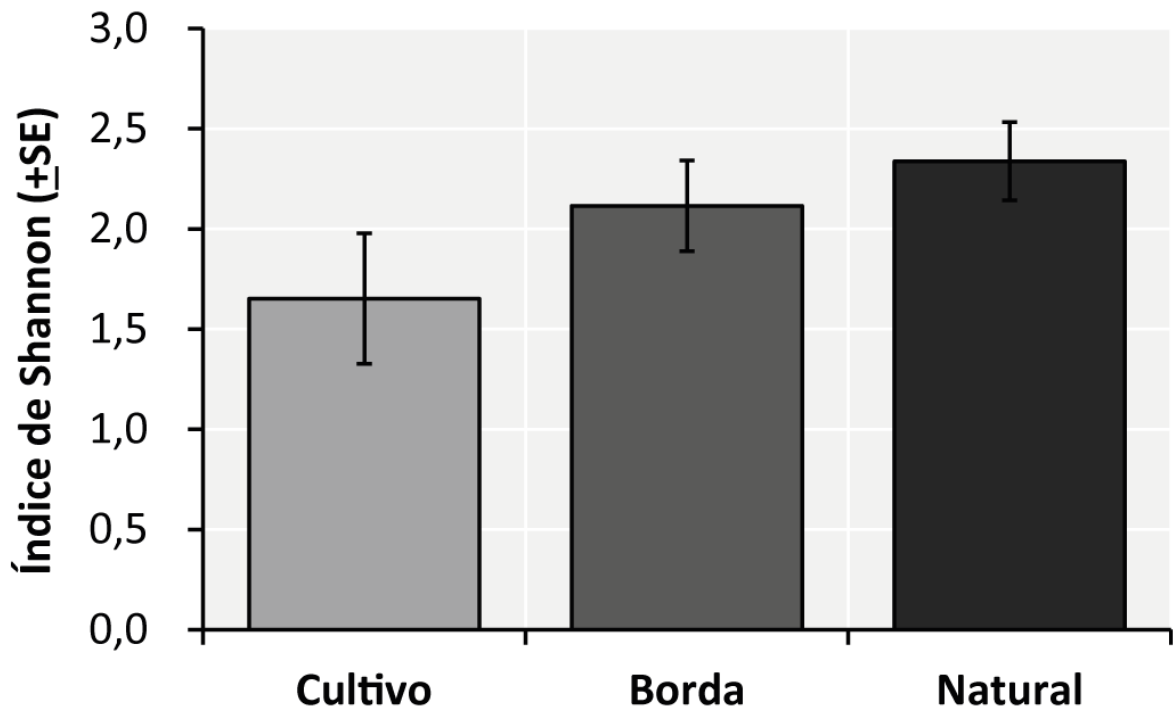


Figura 7: Índice de diversidade de Shannon de abelhas amostradas em diferentes habitats (cultivo, borda e vegetação natural) em propriedades orgânicas localizadas no Distrito Federal no período entre junho e novembro de 2022.

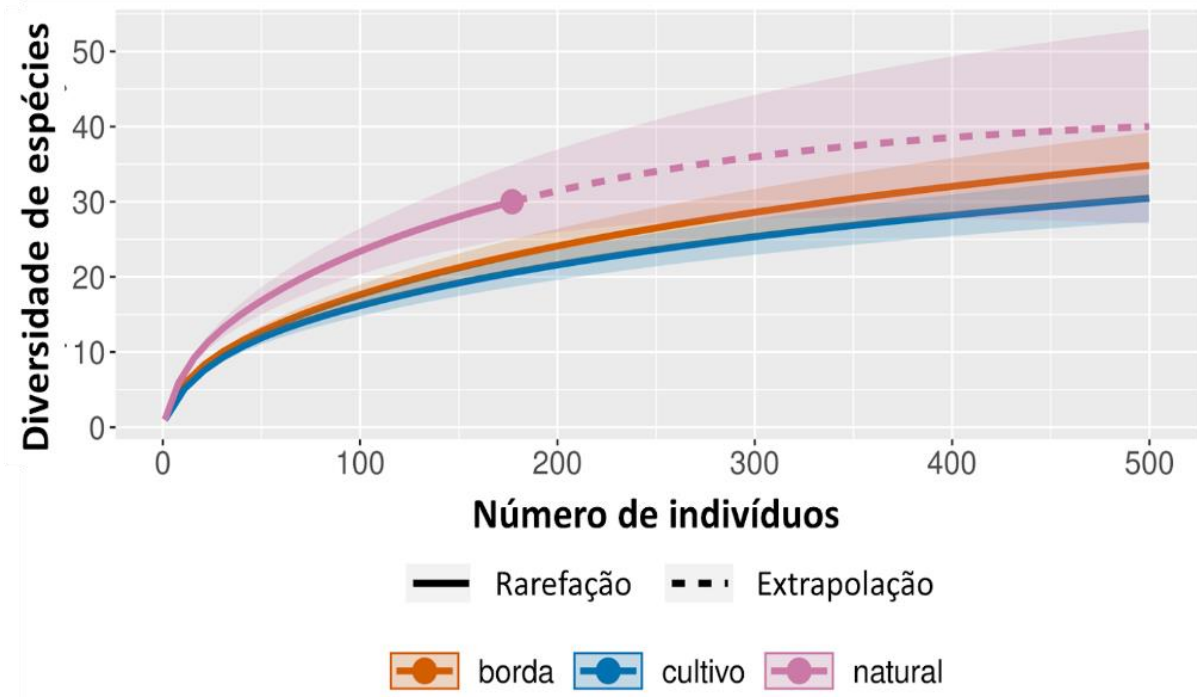


Figura 8: Curvas de rarefação de espécies de abelhas por indivíduos amostrados entre junho e novembro de 2022 em propriedades orgânicas produtoras de tomate no Distrito Federal, em diferentes áreas componentes das propriedades (borda, cultivo e vegetação natural).

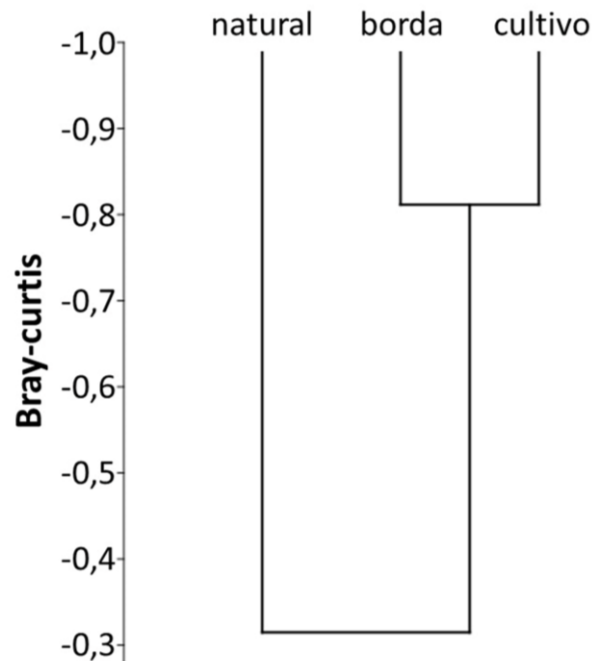


Figura 9: Análise de agrupamento da diversidade de abelhas entre os diferentes habitats das propriedades (cultivo, borda e vegetação natural). Análises baseadas em matrizes de distância de Bray-Curtis construídas a partir da composição de espécies coletadas nas armadilhas *pan-trap* e *malaise*.

7. DISCUSSÃO

Nós demonstramos que há uma maior diversidade (H') de espécies nas propriedades com maior percentual de vegetação natural na paisagem (P1; P2). Essa relação sugere que a presença dos remanescentes de vegetação natural pode influenciar a riqueza e a composição da assembleia de abelhas que ocorrem no cultivo. Essas áreas podem contribuir para a manutenção de espécies pois fornecem maior disponibilidade de locais para nidificação e reprodução, além de recursos alimentares (STEFFAN-DEWENTER *et al.*, 2002; YAMAMOTO *et al.*, 2010). Além disso, a proximidade dos cultivos às áreas naturais pode influenciar a riqueza de polinizadores e potencialmente a taxa de visitação nas culturas (RICKETTS *et al.*, 2008). A abundância e a riqueza de espécies de abelhas nos cultivos podem aumentar significativamente à medida que a distância até áreas naturais diminui (CARVALHEIRO *et al.*, 2010; RICKETTS *et al.*, 2008). Assim, a relação observada entre maior diversidade de espécies, maior percentual de vegetação natural e o grau de compartilhamento de espécies entre áreas, reforça que a conservação e o manejo adequado da vegetação natural em paisagens agrícolas podem promover a diversidade de abelhas, a saúde dos ecossistemas e a polinização das culturas.

Observamos que o gênero *Exomalopsis* foi o mais abundante das abelhas que vibram, assim como visto em outros estudos feitos em propriedades de agricultura orgânica produtoras de tomate no Cerrado (FRANCESCHINELLI *et al.*, 2017; ASSUNÇÃO *et al.*, 2022), o que indica a importância desse gênero na polinização desse cultivo, podendo ter implicações para a produção e qualidade dos tomates (GAGLIANONE *et al.*, 2015). A propriedade 1 se destacou por apresentar a maior abundância de indivíduos do gênero *Exomalopsis*, principalmente na área de borda. Devido às espécies de *Exomalopsis* apresentarem um raio de voo entre 250 e 800 m ao redor do ninho localizado no solo, desempenham um papel crucial na polinização das plantas próximas aos seus ninhos (GAGLIANONE *et al.*, 2015). Portanto, ressalta-se a importância de áreas de vegetação natural próximas gerando conectividade na matriz do fragmento, influenciando a movimentação do polinizador (KREMEN *et al.*, 2007).

A espécie *Apis mellifera* foi coletada em maior quantidade nas áreas de borda e de cultivo de tomate, na propriedade 2. Mesmo em cultivos que não necessitam de polinizadores, a ação das abelhas pode aumentar a quantidade e a qualidade dos frutos (KREMER *et al.*, 2002; YAMAMOTO *et al.*, 2010). Por isso, sua característica generalista tem o potencial de aumentar a produtividade de diversos cultivos agrícolas (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). Porém, ela não é considerada polinizadora efetiva do tomate, visto que não realiza *buzz pollination* ou *milking*. Sua abundância, portanto, pode significar competição de recursos alimentares com espécies nativas, que podem ser polinizadores efetivos desse cultivo. Devido a sua alta agressividade, essa competição pode gerar uma grande dominância da espécie e a diminuição de diversidade da área (GARIBALDI *et al.*, 2021). Já na propriedade 3, foi identificada uma abundância de espécies do gênero *Trigona*, abelhas sem ferrão que também não são polinizadoras efetivas do cultivo do tomate. Essas abelhas retiram o pólen mordendo as anteras ou coletando os grãos de pólen caídos nas pétalas, sem entrar em contato com o estigma (GAGLIANONE *et al.*, 2015). Sua abundância pode ser explicada pelo fato de serem adaptáveis a diferentes morfologias florais (HEARD, 1999), contribuindo para sua presença em áreas antropizadas. Além disso, também é um gênero cuja alta agressividade pode influenciar na diversidade local de abelhas, causando uma dominância sobre as demais espécies (NIEH *et al.*, 2005).

As propriedades P3 e P4 foram as que registraram a maior abundância de indivíduos da tribo Halictini, principalmente nas áreas de cultivo e de borda. Essas foram as propriedades que apresentaram a menor porcentagem de vegetação natural registrada. A família Halictidae é amplamente distribuída em todo o mundo e engloba abelhas de porte pequeno a médio (SILVEIRA *et al.*, 2002). A maioria das espécies dessa família constrói seus ninhos no solo, embora algumas também nidifiquem em madeira morta e abrange desde abelhas solitárias até eussociais (SILVEIRA *et al.*, 2002). Entretanto, não encontramos referências suficientes na literatura para corroborar a ideia de que a baixa quantidade de vegetação natural pode ter contribuído para uma maior abundância de abelhas da família Halictidae nessas propriedades. Sendo assim, não podemos afirmar que isso ocorre devido a uma combinação de fatores, como sua adaptabilidade ao ambiente agrícola, a disponibilidade de recursos específicos apenas nas áreas de cultivo e a falta de competição com outras espécies.

A análise de rarefação de indivíduos por propriedade indica que não há diferença na riqueza estimada de indivíduos entre as diferentes propriedades. Porém, o índice de similaridade de *Bray Curtis* indica que a composição da assembleia de abelhas é diferente entre as propriedades. Nesse sentido, a análise de similaridade por propriedade indicou que as assembleias de abelhas das propriedades P3 e P4 são mais similares entre si.

A riqueza média estimada entre os habitats das propriedades foi maior nas áreas de borda, que apresentaram características distintas em comparação com os cultivos, como uma transição gradual entre o ambiente agrícola e as áreas naturais circundantes. Essas áreas são caracterizadas pela heterogeneidade local, pois, além das culturas cultivadas, há a presença de plantas espontâneas e áreas de pouso. A disponibilidade de recursos alimentares diversificados é fundamental para a manutenção das populações de abelhas, pois diferentes espécies possuem preferências distintas em relação às plantas que visitam e utilizam como fonte de alimento (WITTER *et al.*, 2014). Essas áreas servem então como uma zona de transição entre ambientes cultivados e não cultivados e servem como um repositório de espécies de abelhas aptas a colonizar os cultivos de tomate e outros cultivos dos produtores, que não dependem de *buzz-pollination* ou que apresentam morfologias florais distintas.

As áreas de borda do cultivo também desempenham um papel fundamental como uma via de acesso das espécies provenientes das áreas naturais para o cultivo.

Portanto, a presença de maior riqueza de abelhas nas áreas de borda dos cultivos destaca a importância de promover a heterogeneidade na paisagem agrícola, criando ambientes mais permeáveis entre as áreas naturais e as de cultivo (ASSUNÇÃO *et al.*, 2022). Isso pode ser alcançado por meio da implementação de práticas de manejo que favoreçam a presença dessas áreas de transição entre os cultivos e as áreas naturais, incentivando o estabelecimento de vegetação nativa e a criação de áreas de pousio. A conectividade entre essas áreas pode influenciar a presença e a diversidade de abelhas polinizadoras nas plantações de tomate e de vários outros cultivos, favorecendo a autonomia dos produtores em relação ao uso dos serviços ecossistêmicos providos pela biodiversidade (BARTELLI, 2023).

A análise de similaridade da comunidade de abelhas entre as áreas de cultivo, borda e natural nas propriedades demonstrou que a propriedade 1 foi a que mais apresentou gêneros de abelhas que ocorreram exclusivamente na área natural (ex: *Epanthidium sp.* e *Tetrapedia sp.*), e a que mais compartilhou espécies entre área de borda e área natural. Isso sugere que a presença de vegetação nativa nas áreas adjacentes ao cultivo desempenha um papel fundamental na atração e sustentação de espécies raras de abelhas. A vegetação nativa fornece recursos alimentares, abrigo e condições adequadas para a nidificação, o que pode explicar o maior número de espécies exclusivas nessas áreas. Na propriedade 4, houve mais gêneros que ocorreram somente na área de cultivo. Já na propriedade 2, houve um número significativo de gêneros exclusivos na área de borda (ex: *Acamptopoeum sp.* e *Ctenioschelus sp.*), sendo a propriedade que mais compartilhou espécies entre os três habitats (borda, cultivo e natural). Isso pode indicar que, mesmo com uma menor cobertura de vegetação nativa, a área de borda, a presença de elementos estruturais específicos e o manejo desses habitats podem oferecer recursos e condições adequadas para a sobrevivência e reprodução de espécies.

As áreas de cultivo apresentaram menor diversidade de Shannon (H') em comparação com as áreas de vegetação natural e de borda, com exceção da propriedade 2, na qual a diversidade (H') foi similar nos três componentes de área. Esse resultado pode ter sido influenciado pelas técnicas de manejo empregadas em cada cultivo. As propriedades P1, P3 e P4 empregam um tipo de controle de pragas através do óleo de *neem*, um produto natural extraído das sementes da árvore de *neem* (*Azadirachta indica* A. Juss.: Meliaceae), sendo amplamente utilizado na agricultura orgânica como uma alternativa aos pesticidas sintéticos (NEVES;

CARPANEZZI, 2009). Possui propriedades inseticidas e repelentes, sendo eficaz no controle de uma variedade de pragas agrícolas, incluindo insetos que atacam as plantas cultivadas, como ácaros, pulgões e lagartas (ALVES; FREITAS, 2018). Embora seja considerado um produto de baixa toxicidade para muitos insetos benéficos, estudos têm demonstrado que o óleo pode afetar as abelhas, especialmente quando aplicado de forma direta sobre as plantas em florescimento (MENDONÇA *et al.*, 2022). Alguns dos possíveis efeitos negativos incluem a redução da taxa de visitação das abelhas às flores tratadas e alterações no comportamento de busca por alimento (RODRIGUES *et al.*, 2018). Dosagens excessivas ou aplicações durante períodos críticos para as abelhas, como quando as plantas estão em plena floração e a atividade de polinização é intensa, podem aumentar o risco de exposição e efeitos negativos sobre as abelhas (RODRIGUES *et al.*, 2018).

A propriedade 2 destaca-se por não fazer uso de óleo de *neem* para controle de pragas, diferentemente das demais propriedades. Além disso, outro fator de manejo que pode contribuir para a presença de um maior número de gêneros na área de cultivo dessa propriedade é a utilização exclusiva de irrigação por gotejamento no cultivo dos tomates, em vez de irrigação por aspersão. O tipo de irrigação e a intensidade utilizada, como a aspersão especialmente no período da manhã, podem ter influenciado a coleta de espécies. A P2 foi a propriedade que mais se destacou nos resultados, tanto em relação à riqueza de espécies presentes na área de cultivo como na área de borda, mesmo não sendo a propriedade com a maior porcentagem de área natural. A heterogeneidade local e da paisagem possivelmente compensa o tamanho reduzido ou a menor porcentagem das áreas naturais, pois oferecem maior variedade de recursos e menor intensidade de distúrbio para as espécies. P2 também foi a propriedade que mais mostrou espécies compartilhadas entre os diferentes habitats, sendo 14 gêneros compartilhados entre área de borda e cultivo, e 11 gêneros compartilhados entre cultivo, borda e área natural. Os resultados sugerem que a diversidade de abelhas pode ser influenciada não apenas pela quantidade de vegetação natural, mas também pelo manejo agrícola e heterogeneidade do habitat. A propriedade 2, mesmo com uma menor cobertura de vegetação natural em relação à propriedade 1, pode ter apresentado uma maior diversidade (H') devido a heterogeneidade da paisagem, técnicas de manejo e disponibilidade de recursos alimentares.

A análise de rarefação de indivíduos por habitats da propriedade indica que não há diferença na riqueza estimada por área. Entretanto, o índice de similaridade indica que a composição da assembleia de abelhas é diferente entre as áreas componentes. Nesse sentido, a análise de similaridade por área componente da propriedade indicou que as assembleias de abelhas das áreas de borda e cultivo são mais similares entre si (0,8), e que esse conjunto de dados é mais dissimilar à área natural (0,3). Esses resultados destacam a importância da configuração da paisagem, do manejo utilizado e da diversidade de recursos florais na atração e manutenção da comunidade de abelhas polinizadoras em áreas de cultivo de tomate. Além disso, reforçam a relevância de um sistema de produção orgânico e sustentável na conservação das abelhas polinizadoras e na promoção da biodiversidade nos cultivos de tomate, ressaltando a necessidade de valorizar e apoiar agricultores que adotam estas práticas sustentáveis em suas propriedades.

8. CONCLUSÃO

Por meio da caracterização da composição da paisagem das propriedades e da caracterização da comunidade de abelhas que ocorrem na área de vegetação natural do Cerrado e na área de cultivo, foi possível comparar a diversidade de abelhas entre os diferentes habitats. Os resultados ajudaram a compreender como as áreas de remanescentes de vegetação natural de Cerrado contribuem para a manutenção da biodiversidade de abelhas presentes em áreas de cultivo orgânico de tomate no DF. A disponibilidade de recursos parece ser um importante fator no manejo da paisagem em áreas agrícolas para as espécies de abelhas. Nesse contexto, as áreas de transição (borda) desempenham um papel crucial, uma vez que apresentam uma heterogeneidade local e de paisagem que resulta em uma ampla diversidade e disponibilidade de recursos alimentares. Isso inclui a presença de áreas de pousio, que atraem diversas espécies de abelhas, e a presença de plantas espontâneas.

Ao implementar estratégias de manejo que garantam a disponibilidade contínua de recursos alimentares para as abelhas, podemos contribuir para a conservação e a saúde dessas assembleias. Os resultados também sugerem que outros fatores além da cobertura de vegetação natural podem ter influenciado a diversidade de abelhas, como por exemplo, as práticas agrícolas adotadas nas propriedades. Isso pode demonstrar que a conservação e o manejo adequado das áreas naturais, da borda e

dos próprios cultivos, quando desempenhados de forma complementar, podem influenciar positivamente a ocorrência de diversidade de abelhas.

Nesse sentido, a composição da paisagem agrícola deve ser planejada de forma a otimizar as interações ecológicas, permitindo a coexistência entre os cultivos, a fauna, a flora e os processos naturais. O manejo da agrobiodiversidade incluindo plantas (espontâneas, “invasoras”, ruderais, silvestres, cultivadas), animais e microorganismos (benéficos, mutualistas, endofíticos, patogênicos, “pragas”), bem como suas aplicações baseadas no conhecimento da biodiversidade e nas interações ecológicas, é o diferencial das práticas agroecológicas utilizadas dentro da agricultura familiar e orgânica. A abordagem agroecológica dentro desses modos de produção supera a visão produtivista baseada apenas no uso de insumos químicos, priorizando a conservação da biodiversidade, a saúde dos ecossistemas e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Além disso, fortalece a agricultura familiar orgânica como um importante pilar socioeconômico, promovendo a segurança alimentar, a geração de emprego e renda nas comunidades rurais e contribuindo para a construção de um modelo agrícola mais equilibrado e resiliente. Um aspecto essencial no desenho da propriedade, além da conservação e do manejo das áreas naturais, é a adoção de práticas agroecológicas como a rotação de culturas, os consórcios agroflorestais e o manejo integrado de pragas, que promove a presença e a atuação de organismos benéficos no ecossistema agrícola. Entre esses organismos, as abelhas, os predadores naturais e os microrganismos do solo desempenham papéis fundamentais na manutenção da saúde do ecossistema.

Nesse sentido, é importante a compreensão das interações ecológicas entre os organismos presentes no agroecossistema. A agricultura orgânica é um modelo de produção que busca utilizar o conhecimento sobre as relações de mutualismo, predação e competição entre as espécies para promover o equilíbrio e a estabilidade do sistema. Por exemplo, através da introdução de plantas repelentes de insetos em áreas de cultivo que podem afastar pragas indesejadas e promover a diversidade de insetos benéficos.

Para os agricultores familiares, a adoção dessas abordagens traz benefícios tanto econômicos quanto sociais. A promoção da biodiversidade aumenta a resiliência do sistema, reduzindo também os riscos associados a problemas climáticos. Além disso, a produção orgânica e a valorização da qualidade dos alimentos agregam valor

aos produtos, permitindo a inserção em mercados diferenciados e a obtenção de preços mais justos. A preservação dos recursos naturais contribui para a sustentabilidade a longo prazo da propriedade e para a melhoria da qualidade de vida das famílias rurais.

No contexto mais amplo da agricultura orgânica, a abordagem agroecológica baseada no conhecimento da biodiversidade destaca-se como uma alternativa viável e sustentável para a produção de alimentos. Ela reconhece a importância dos processos ecológicos e da conservação dos recursos naturais, promovendo a saúde dos ecossistemas, a segurança alimentar e a preservação da cultura local. Além disso, enfatiza a participação ativa dos agricultores, incentivando a construção de relações de confiança entre produtores e consumidores e fortalecendo os laços entre as comunidades rurais.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIZEN, M. A.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAM, S. A.; KLEIN, A. M. Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current Biology*, v. 18, p. 1572-1575, 2008.

ALTIERI, M. *Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável*, Guaíba. Editora Agropecuária. 2002. Disponível em: <https://arca.furg.br/images/stories/producao/agroecologia_short_port.pdf 2002>

ALTIERI, M. Agroecology, small farms, and food sovereignty. *Monthly review*, v. 61, n. 3, p. 102-113, 2009.

ALVES, A.; SANTOS, A.; AZEVEDO, R. Agricultura orgânica no Brasil: sua trajetória para a certificação compulsória. *Revista Brasileira de Agroecologia Rev. Bras. de*

Agroecologia. 7(2): 19-27 (2012) ISSN: 1980-9735. Disponível em: <https://orgprints.org/id/eprint/22814/1/Alves_Agricultura%20org%C3%A2nica.pdf>

ALVES, J.; FREITAS, B. Risco Sobre Polinizadores e Perspectivas de Sua Utilização em Polinização Efeito do Nim (*Azadirachta indica*) para as Abelhas Africanizadas (*Apis mellifera*). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69192/1/Alves.pdf>

ARIAS, C. M. et al. 2015. Benefícios da diversificação vegetal em agroecossistemas. Caderno Comunica. Cap 9. 102-115. DOI:10.37885/220508937. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220508937.pdf>>

ASSUNÇÃO, R.M., CAMARGO, N.F., SOUZA, L.S. et al. Landscape conservation and local interactions with non-crop plants aid in structuring bee assemblages in organic tropical agroecosystems. *J Insect Conserv* 26, 933–945 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10841-022-00438-8>

BARTELLI, B. F., A. O. R. SANTOS, e F. H. NOGUEIRA-FERREIRA. 2014. Colony performance of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Meliponina) in a Greenhouse of *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). *Sociobiol.* 61: 60-67.

BARTELLI, B. F. et al. Mixed-species system and native vegetation cover shape bee community in tomato crops. *Landscape Ecology*, 12 abr. 2023.

BISPO DOS SANTOS, A. O. R.; et al. 2014. Potential pollinators of tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in open crops and the effect of a solitary bee in fruit set and quality. *J. Econ. Entomol.* 107: 987-994.

BPBES/REBIPP. Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, R. A.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L.; SARAIVA, A. M.; SILVA, C. I.; PADGURSCHI, M. C. G. 1ª edição, São Carlos, SP: Editora Cubo. 184 p., 2019.

BRASIL, 2003. LEI Nº 10.831, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2003. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.831.htm>

BRASIL, 2006. LEI Nº 11.326, DE 24 DE JULHO DE 2006. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm>

BRASIL, 2007. DECRETO Nº 6.323, DE 27 DE DEZEMBRO DE 2007 Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6323.htm>

BRASIL, 2012. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>

BRASIL, 2019. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Em 7 anos, triplica o número de produtores orgânicos cadastrados no ministério. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/em-sete-anos-triplica-o-numerode-produtores-organicos-cadastrados-no-mapa>>

BUCHMANN, S.L. 1983. Buzz pollination in angiosperms. In Handbook of Experimental Pollination (C.E. Jones & R.J. Little, eds.). Van Nostrand Reinhold, New York, p.73-113.

BUCHMANN, S.; HURLEY, P. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. Journal of Theoretical Biology, Volume 72, Issue 4, 1978, Pages 639-657, ISSN 0022-5193. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0022-5193\(78\)90277-1](https://doi.org/10.1016/0022-5193(78)90277-1)>

CAMARGO, A.; et al. 2006. Desenvolvimento do sistema agroindustrial de tomate. Informações Econômicas, São Paulo, v. 36, n. 6, p. 53-65, jun. 2006. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/publicacoes/seto1-0606.pdf>>

CAMPBELL, J. W.; HANULA, J. L. Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. Journal of Insect Conservation, v. 11, n. 4, p. 399-408, 2007.

CAPECHE, C.; et al. 1998. Sistema de tutoramento com fita plástica para tomateiros cultivados no campo. Comun. Téc. CNPS, n.3, dezembro de 1998, p.2. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/335425/1/comunicadotec031998.pdf>>

CARDOSO, P. et al. Scientists' warning to humanity on insect extinctions. Biological Conservation, v. 242, p. 108426, 1 fev. 2020.

CARVALHEIRO, L.G., SEYMOUR, C.L., VELDTMAN, R., NICOLSON, S.W., 2010. Pollination services decline with distance from natural habitat even in biodiversity-rich areas. J. APPL. ECOL. 47, 810–820. [HTTPS://DOI.ORG/10.1111/J.1365-2664.2010.01829.X](https://doi.org/10.1111/J.1365-2664.2010.01829.X)

CEASA. 2023. Guia de Frutas e Hortaliças comercializadas na CEASA - DF. Tomate. Disponível em: <<https://www.ceasa.df.gov.br/wp-content/uploads/2022/03/Guia-de-frutas-e-hortalicas-tomate-revisado-ascom.pdf>>.

CEASA. 2023. Gerência de Controle e Estudos de Mercado - Seção de Controle de Portaria e Estatística. Disponível em: <<https://www.ceasa.df.gov.br/wp-content/uploads/2023/06/SIMA.pdf>>

CHAO, Anne; MA, K. H.; HSIEH, T. C. User's guide for iNEXT online: Software for interpolation and Extrapolation of species diversity. Code, v. 30043, n. September, p. 1-14, 2016.

CODEPLAN. 2015. Companhia de Planejamento do Distrito Federal – Codeplan: Agricultura Familiar no DF: Desafios e dimensões. Disponível em: <<https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Agricultura-Familiar-no-DF-Dimens%C3%B5es-e-Desafios.pdf>>

CODEPLAN. 2020. Companhia de Planejamento do Distrito Federal – Codeplan: Atlas do Distrito Federal. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Atlas-do-Distrito-Federal-2020-Cap%C3%ADtulo-2.pdf>

CONAB. 2023. Mercado atacadista Hortigranjeiro. Portal de informações agropecuárias, 2023. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/mercado-atacadista-hortigranjeiro.html>. Os leitores deste arquivo podem ver comentários e sugestões.

CONAB. 2019. Companhia Nacional de Abastecimento. Compêndio de Estudos da Conab - V.21 - Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab>>

CONTERATO, M. A.; FILIPI, E. E. Teorias do Desenvolvimento. SEAD. Porto Alegre: Editora UFRGS. 2009. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/52804/000740562.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

CORTOPASSI-LAURINO, Marilda; NETO, Paulo Nogueira. Abelhas sem ferrão do Brasil. EDUSP, 2016.

DAILY, G. C. et al. Introduction: what are ecosystem services. Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems, v. 1, n. 1, 1997.

DAINESE, M. et al. 2019. A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. Sci. Adv.5 eaax0121 (2019) .DOI:10.1126/sciadv.aax0121

DESTRO, T.; et al. Agricultura Orgânica: Uma Revisão Sobre Sua História, Desenvolvimento e Princípios Fundamentais. Revista de Ciências Agro-Ambientais, v. 16, n. 2, p. 143-151, 2018.

EMATER. 2019. Informações Agropecuárias do DF. Disponível em: <https://emater.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/Relatorio_Atividades_Agropecuarias___2019___DF-2.pdf>

EMATER. 2023. Informações Agropecuárias do DF. Disponível em: https://emater.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/Relatorio_Atividades_Agropecuarias__RIA__2022__DF.pdf

FAO. 2021. Statistics. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>

FAO. 2022. Anuário Estatístico da Agricultura Familiar. Disponível em: <<https://ww2.contag.org.br/documentos/pdf/17192-3017304-anua%CC%81rio-agricultura-familiar-2022.pdf>>

FRANCHINI, J. C. COSTA, J. M. da DEBIASI, H. TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. Embrapa Soja. Documentos, 327. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/897259>>

FRANÇOOSO, R. D.; et al. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. *Natureza & Conservação*, v. 13, n. 1, p. 35–40. 2015. doi:10.1016/j.ncon.2015.04.001.

GAGLIANONE, M. C., CAMPOS L. A. O., CAMPOS M. J. O., FRANCESCHINELLI E., DEPRÁ M. S., SILVA P. N., MONTAGNA P. C., HAUTEQUESTT A. P.; MORAES M. C. M. Plano de manejo para os polinizadores do tomateiro. *Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio)*. Rio de Janeiro, RJ. 2015.

GARIBALDI, L. A.; et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *science*, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, 2013.

GARIBALDI, L. A. et al. Negative impacts of dominance on bee communities: Does the influence of invasive honey bees differ from native bees?. 2021.

GALHARDO, L. R.; SILVA, L. F. S. DA; LIMA, Â. S. F. Produtores orgânicos no Brasil e seus organismos certificadores. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, v. 8, n. 1, p. 37–45, 2018.

GIANNINNI, T. C., et al. 2015. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. *J. Econ. Entomol.* 1-9.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology letters*, v. 4, n. 4, p. 379-391, 2001.

GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, Ilse. *Life in the Cerrado*. Vol. I. Origin, Structure, Dynamics and Plant Use. Reta, Ulm, 2006.

GOULSON, D.; LYE, G. C.; DARVILL, B. Decline and conservation of bumble bees. *Annual Review of Entomology*, v. 53, p. 191-208, 2008. Disponível em: <10.1146/annurev.ento.53.103106.093454.>

GREENLEAF, S. S.; et al. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, v. 153, n. 3, p. 589-596, 2007.

HAMMER, O.; HARPER, D. A., & RYAN, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 9.

HARVEY, J. A. et al. Scientists' warning on climate change and insects. *Ecological monographs*, v. 93, n. 1, p. e1553, 2023.

HARRISON, R. L. Toward a theory of inter-re-fuge corridor design. *Conservation Biology*, Cambridge, v. 6, n. 2, p. 293-295, Jun. 1992.

HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. *Annual review of entomology*, v. 44, n. 1, p. 183-206, 1999.

HIPÓLITO, J; BOSCOLO, D; VIANA, B. Landscape and crop management strategies to conserve pollination services and increase yields in tropical coffee farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 256, p. 218-225, 2018.

IBGE. 2019. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000. Relatórios metodológicos (IBGE), ISSN 0101-2843. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf>>

IBGE. 2021. Disponível em: <https://www.google.com/url?q=https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br&sa=D&source=docs&ust=1685112374490878&usg=AOvVaw0IHH-eR9OxcT178V8zzfOM>

IFOAM. 2008. Princípios da Agricultura Biológica. Disponível em: https://www.ifoam.bio/sites/default/files/2020-05/poa_portuguese_web.pdf

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., SARAIVA, A.M. and GONÇALVES, L.S., 2007. A iniciativa brasileira de polinizadores e os avanços atuais para a compreensão do papel dos polinizadores como produtores de serviços ambientais. *Bioscience Journal* [online], vol. 23. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6836>.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. *Biota Neotropica*, v. 10, p. 59-62, 2010.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. O desaparecimento das abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as perspectivas do uso de abelhas não melíferas na polinização. *Doc.(Embrapa Semi-Árido. Online)*, v. 249, p. 210-233, 2012.

INMET. 2022. Dados Históricos Anuais. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>

IPBES. (2018). The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Montanarella, L., Scholes, R., and Brainich, A. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 744 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3237392>

IPEA. 2019. Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil. Texto para discussão - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9678/1/TD_2538.pdf>.

JUNG, M. LecoS - A QGIS plugin for automated landscape ecology analysis. 2012. Disponível em: <<https://peerj.com/preprints/116/>>.

KLEIN, A. M.; VASSIÈRE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

KLEIN, A. M. et al. A polinização agrícola por insetos no Brasil: Um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas. Freiburg: Nature Conservation and Landscape Ecology, Albert-Ludwigs University Freiburg, 2020.

KREMEN, C. et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, v. 10, p. 299-314, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x>>

KREMEN, C., WILLIAMS, N.M., BUGG, R.L., FAY, J.P., THORP, R.W. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bees communities in California. *Ecology Letters*, v. 7, p. 1109-1119, 2004.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2008. Sistemas Participativos de Garantia. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos-publicacoes-organicos/sistema_participativo.pdf>.

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. 2023. Fichas Agroecológicas - Tecnologias apropriadas para a Agricultura Orgânica - Biomineralização. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-fertilidade-do-solo/3-biomineralizacao-uso-de-pos-de-rocha-ou-rochagem.pdf>>

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. 2023. Fichas Agroecológicas - Tecnologias apropriadas para a Agricultura Orgânica - Cordões de Contorno. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-praticas-conservacionistas/4-cordoes-de-contorno.pdf>>

MapBiomass. MapBiomass General “Handbook”—Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). *Collection 7*. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/ATBD_Collection_7_v2.pdf>

MATOS, E. S.; SHIRAHIGE FH; MELO PCT. 2012. Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução de plantas. *Horticultura Brasileira* 30: 240-245. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/hb/a/Zd4qSjs3qKgjwcGvVxqtdCP/?format=pdf&lang=pt>>

MATOS, P.; PESSÔA, V. A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território. *Geo UERJ - Ano 13, nº. 22, v. 2*. 2011. p. 290-322 - ISSN 1981-9021.

MEA. Millenium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington. Disponível: http://www.millenniumassessment.org/en/Synt_hesis.html.

MENDONÇA, A. J. T.; RODRIGUES, V. da S.; SILVA, E. K. S. da; SILVA, R. P. da; BARROS, C. H. P. de; CARDOSO, T. A. L.; ARAUJO, E. L. de; COSTA, E. M. da. Toxicidade oral de inseticidas derivados do NIM sobre a abelha africanizada *Apis Mellifera* (Hymenoptera: Apidae) / Oral toxicity of neem derived insecticides on the africanized bee *Apis Mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 8, n. 5, p. 40335–40345, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n5-493. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/48499>.

MICHENER, C. D. The Brazilian honeybee. *BioScience*, v. 23, n. 9, p. 523-527, 1973.

MICHENER, C. D. The bees of the world. JHU press, 2000.

MMA. 2015. Mapeamento de Uso e Cobertura do Cerrado - Projeto TerraClass. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/Metodologia_TCCerrado_2013.pdf>

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER C. G., FONSECA, G. A., & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.

NEVES, E. CARPANEZZI, A. Prospecção do Cultivo do Nim (*Azadirachta indica*) no Brasil. Embrapa Florestas, 2009. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/657534/1/Doc185.pdf>>

NIEH, J. C., Kruizinga, K., Barreto, L. S., Contrera, F. A. L., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2005). Effect of group size on the aggression strategy of an extirpating stingless bee, *Trigona spinipes*. *Insectes Sociaux*, 52, 147-154.

OCTAVIANO, C. Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde. *ComCiência*, Campinas, n. 120, 2010. Disponível em <http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542010000600006&lng=pt&nrm=iso>.

OLIVEIRA, M. Agricultura familiar no Distrito Federal: a busca por uma produção sustentável. *Sustentabilidade em Debate - Brasília*, v. 6, n. 1, p. 53-69, jan/abr. 2015. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/download/15671/13995/26632>

PERALTA, I.E. & SPOONER, S. 2008. Taxonomy of Wild Tomatoes and Their Relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae). *Systematic Botany Monographs*. 84. 1-186. 10.2307/25027972.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. *Oecologia australis*, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

PIVELLO, V. R. Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. *Ecologia. info*, v. 33, 2011.

POTTS, S. G. et al. Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? *Ecology*, v. 84, n. 10, p. 2628-2642, 2003.

POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, v. 25, n. 6, p. 345–353, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>.

PRAZ, C. J. et al. Specialisation and habitat: spatial and temporal variation of wild bee communities (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) in Swiss agroecosystems. *Apidologie*, v. 39, n. 3, p. 343-353, 2008. doi: 10.1051/apido:2008001.

RADA, N. 2013. Avaliando o milagre agrícola do Cerrado brasileiro. *Pol. Alimentar*, 38 (2013), pp. 146 - 155. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.11.002>.

RAMOS, D. L. et al. Ecosystem Services Provided by Insects in Brazil: What Do We Really Know? *Neotropical Entomology*, v. 49, n. 6, p. 783–794, 2020.

RECH, A. R., AGOSTINI, K., OLIVEIRA, P. E., & MACHADO, I. C. (Eds.). (2014). *Biologia da polinização* (p. 524). Rio de Janeiro: Projecto Cultural.

RIBEIRO, J.; WALTER, B. (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283072910_As_principais_fitofisionomias_do_bioma_Cerrado

RICKETTS, T. H. The matrix matters: effective isolation in fragmented landscape. *American Naturalist*, v. 157, p. 87-99, 2001.

RICKETTS, T. H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*, v. 11, n. 5, p. 499–515. 2008

RODRIGUES, V. da S. R.; MENDONÇA, A. J. T.; COELHO, M. S.; SILVA, K. . O.; SILVA, R. P. da; COSTA, E. M. da. Avaliação preliminar da toxicidade de derivados do nim, via ingestão, sobre *Apis mellifera* L. *Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 10, 2018. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/CVADS/article/view/6051>.

SANO, E. ROSA , J. BRITO, L. Mapeamento da cobertura da terra na região do cerrado tropical no Brasil *Ambiente. Monit. Avaliar.* , 166 (2010) , pp. 113 - 124.

SCHLINDWEIN, C. Are oligolectic bees always the most effective pollinators. *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária, Fortaleza, p. 231-240, 2004.

SCHLINDWEIN, C. Abelhas Solitárias e Flores: Especialistas são Polinizadores Efetivos? In: CONGRESSO NACIONAL, 55; ENCONTRO REGIONAL DE BOTÂNICOS DE MG, BA, ES, 26. 2004. *Anais [...]* Viçosa: Sociedade Botânica do Brasil, 2004.

SHANNON, C.E.; WEAVER, W. The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

SILVA, A. T.; SILVA, S. T. Panorama da agricultura orgânica no Brasil. Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, SP, v. 23, p. 1031–1040, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8635629>>

SILVEIRA, F. A., MELO, G. A., & ALMEIDA, E. A. (2002). Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Ministério do Meio Ambiente, Fundação Araucária, Belo Horizonte, Brasil.

SIMPSON, E.H. Measurement of diversity. Nature 163: 688, 1949.

SLAA, E. J.; et al. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. Apidologie, v. 37, n. 2, p. 293-315, 2006.

SOUSA, M. J. D. DE; CAJÚ, M. A. D.; OLIVEIRA, C. P. A. A importância da produção agrícola orgânica na agricultura familiar. Id on Line Revista de Psicologia, v. 10, n. 31, p. 82, 2 nov. 2016. Disponível em: <<https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/555/766>>

SOUTHWOOD, T. R. E., & HENDERSON, P. A. (2009). Ecological methods. John Wiley & Sons. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Peter-Henderson-8/publication/260051655_Ecological_Methods_3rd_edition/links/556dd4ad08aecd7773f64ca/Ecological-Methods-3rd-edition.pdf>

SOUZA, C. M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. Remote Sensing, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.

STEFFAN-DEWENTER, I. et al. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. Ecology, v. 83, n. 5, p. 1421-1432, 2002. doi: 10.1890/0012-9658(2002)083[1421:SDEOLC]2.0.CO;2.

STORK, N. E. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? Annual Review of Entomology, v. 63, n. 1, p. 31–45, 7 jan. 2018.

SUJII, E.R. VENZON, M., MEDEIROS, M.A., PIRES, C.S.S., TOGNI, P.H.B., 2010. Práticas culturais no manejo de pragas na agricultura orgânica. In: M. Venzon, T.J. Paula Júnior, A. Pallini (eds), Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica. EPAMIG, 143-168, Viçosa, Brasil. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236863311_Praticas_culturais_no_manejo_de_pragas_na_agricultura_organica

THORP, R. W. 2000. The collection of pollen by bees. In Pollen and pollination. Springer Vienna. 211-223.

TOGNI, P. H. B., VENZON, M., LAGÔA, A. C. G., & SUJII, E. R. (2019). Brazilian Legislation Leaning Towards Fast Registration of Biological Control Agents to Benefit

Organic Agriculture. *Neotropical Entomology*, 48(2), 175–185. doi:10.1007/s13744-019-00675-8

TREICHEL, M. et al. Anuário Brasileiro do Tomate 2016. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 64 p. Disponível em: <http://www.editoragazeta.com.br/flip/anuario-tomate-2016/files/assets/common/downloads/publication.pdf>.

TSCHARNTKE, T.; et al. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological conservation*, v. 151, n. 1, p. 53-59, 2012.

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

WOLFF, L. F. et al. Polinização dirigida de cultivos com apicultura. 2022.

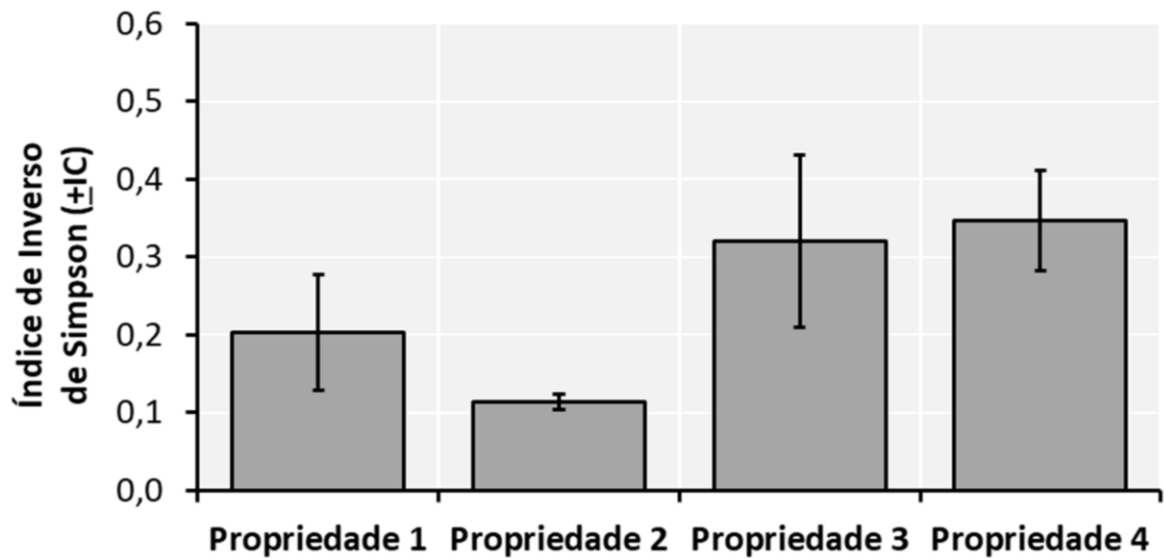
YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A. A. A.; OLIVEIRA, P. E. A. M. DE. Polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo (*PASSIFLORA EDULIS* F. *FLAVICARPA DENEGER*). *Oecologia Australis*, v. 14, n. 1, p. 174–192, 2010.

ZURBUCHEN, A. et al. Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation*, v. 143, n. 3, p. 669-676, 2010.

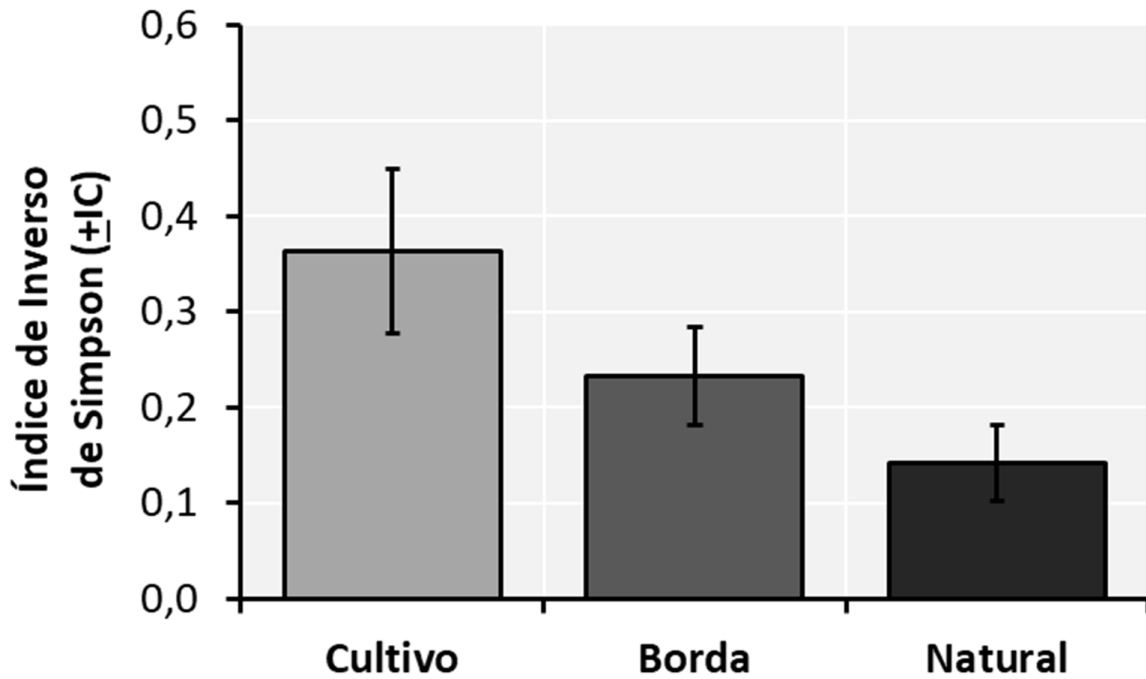
APÊNDICES



Apêndice A: Armadilhas utilizadas para a amostragem de abelhas no trabalho. Armadilha *malaise* (esquerda) e armadilha *pan trap* (direita).



Apêndice B: Índice de inverso de Simpson de abelhas amostradas em diferentes propriedades orgânicas (P1, P2, P3 e P4) localizadas no Distrito Federal no período entre junho e novembro de 2022.



Apêndice C: Índice de inverso de Simpson de abelhas amostradas em diferentes habitats (cultivo, borda e vegetação natural) em propriedades orgânicas localizadas no Distrito Federal no período entre junho e novembro de 2022.