



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ALINE BEZERRA LAURENTINO

**VARIAÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DAS POPULAÇÕES DE
ABELHAS NOS CULTIVOS DE MANGA (*Mangifera indica* Linnaeus)
NA REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO**

PETROLINA - PE

2022

ALINE BEZERRA LAURENTINO

**VARIAÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DAS POPULAÇÕES DE
ABELHAS NOS CULTIVOS DE MANGA (*Mangifera indica* Linnaeus)
NA REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Ciências Agrárias, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a Dr^a Aline Candida Ribeiro Andrade
Coorientadora: Prof^a Dr^a Patricia Avello Nicola

PETROLINA - PE

2022

L383v Laurentino, Aline Bezerra
Variação espaço temporal das populações de abelhas nos cultivos de manga (*Mangifera indica* Linnaeus) na região do Vale do São Francisco/ Aline Bezerra Laurentino. – Petrolina-PE, 2022.
xvi, 62 f.: il. ; 29 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2022.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Aline Candida Ribeiro Andrade.

Inclui referências.

1. Polinização. 2. Abelhas. 3. Manga - Cultivo. 4. Plantas - Reprodução.
I. Título. II. Andrade, Aline Candida Ribeiro. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 571.8642

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UNIVASF.
Bibliotecária: Andressa Lais Machado de Matos CRB – 4/2240.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO CURSO DE
GRADUAÇÃO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

FOLHA DE APROVAÇÃO

ALINE BEZERRA LAURENTINO

**VARIAÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DAS POPULAÇÕES DAS ABELHAS
NOS CULTIVOS DE MANGA (*Mangifera indica* Linnaeus) NA REGIÃO DO VALE
DO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
requisito parcial para obtenção do título de Bacharel
em Ciências Biológicas, pela Universidade Federal do
Vale do São Francisco.

Aprovado em: 11 de abril de 2022.

Banca Examinadora



Dr^a Aline Candida Ribeiro Andrade – CEMAFUNA-CAATINGA/UNIVASF



Dr. Nuno Gonçalo de Carvalho Ferreira – Universidade de Cardiff/School of
Biosciences



Ma. Májorie Fernandes Nogueira – CEMAFUNA-CAATINGA/UNIVASF

A todos os polinizadores (invertebrados e vertebrados) em especial as abelhas pelo majestoso e essencial serviço ecossistêmico prestado, quem dera o mundo enxergasse o precioso valor desses seres magníficos – DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força para perseverar nessa longa jornada que se iniciou muito antes de quando eu entrei na universidade, por ter me sustentado e por sempre ouvir minhas preces, pela graça da vida e a oportunidade de está concluindo mais um ciclo.

A minha família pelo apoio, em especial aos meus pais por acreditarem em mim, dona Deomar e seu José, mesmo muitas vezes sem entenderem, mas mesmo assim confiarem, apoiarem e respeitaram as minhas vontades.

Em especial ao meu companheiro de vida Deivid Cristian, por todo o apoio e suporte ao longo desses anos, me incentivando, e me dando forças para continuar sempre que eu pensava que não daria conta. A minha sogra, e amiga antes de tudo, Vera Lúcia, que sempre me ajudou tanto na vida acadêmica como na vida pessoal.

Aos meus irmãos e sobrinhos que foram minha válvula de escape arrancando meus sorrisos nos melhores e piores momentos, reforçando o significado de força e amor entre a família.

A minha orientadora, Dra. Aline Andrade que aceitou me orientar antes mesmo de me conhecer direito, que acreditou em mim, que não desistiu de mim, mesmo com minha inexperiência, estava sempre disponível a ajudar no que fosse preciso para alavancar minha carga de conhecimento técnico-científico, cobrando, exigindo e puxando a orelha sempre que necessário e que além de tudo também se tornou uma amiga querida.

As minhas amigas da graduação que seguirão para a vida, Mikaele, Raysa, Joana, Letícia Lola, Fernanda e Ananda. Foram essenciais em vários momentos dessa caminhada, sempre com injeções de ânimo para não desistir, sempre me ouvindo e dando apoio. As minhas amigas de longa data que também conheci no meio acadêmico, Vânia e Taíse, por todo apoio de sempre, além de acreditarem em mim, muitas vezes mais que eu mesma. Todas são valiosas para mim.

A todos os meus colegas do Laboratório de Entomofauna Terrestre (Cemafauna – Caatinga) em especial ao Rogério, Ana Flávia e Emille que sempre se mostraram disponíveis a me ajudar seja no que fosse.

A projeto Beesness, em especial ao Dr. Nuno Gonçalo Ferreira pela coordenação do projeto. Ao Cemafauna-Caatinga pela oportunidade de estágio e

pelas portas abertas, em especial a Professora Patrícia Nicola e o professor Luiz Cezar pela iniciativa de investir em grupo de pesquisa tão importante como o Cemafauna.

A todos as pessoas que passaram pela minha jornada acadêmica desde os professores e amigos do IF até os meus amigos e colegas da Embrapa - semiárido uma lugar que só contribuiu para que eu chegasse onde eu estou hoje, gratidão principalmente as minhas duas orientadoras favoritas e queridas de lá, Salete Moraes e Diana Signor que tornaram minha passagem por lá mais leve e cheia de amor. A minha amiga Dra. Glayci (muito orgulho de poder te chamar assim, sou admiradora da sua luta) pelo apoio e dicas de ajustes nesse trabalho.

A minha turma 2016.2 do curso de Ciências Biológicas da UNIVASF, posso afirmar com todas as letras que é a melhor turma que já tive o prazer de conhecer e conviver, com pessoas incríveis, únicas e inesquecíveis.

A todos os meus amigos (as) e colegas que não fazem parte do meio acadêmico mas que estiveram presentes e torcendo por mim a todo tempo.

A todas as vítimas que se foram durante a pandemia do covid-19, que infelizmente tiveram suas vidas interrompidas por essa doença devastadora que assolou todo o mundo, e a seus familiares, pela imensa dor de perder um ente querido.

In memoria de Kamilla que foi uma colega querida da biologia que partiu tão repentinamente no auge da sua vida, e que não pôde finalizar esse ciclo e reiniciar outros, então eu dedico do fundo do meu coração esse título a você também.

Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada.

Apenas dê o primeiro passo – Autor desconhecido.

RESUMO

Os mais importantes fatores de produção de frutas ou bioinsumos são os polinizadores, sendo as abelhas os invertebrados mais importantes para esse processo de polinização. Elas contribuem com cerca de 80% desse serviço. Esse processo é a primeira etapa para reprodução das plantas, que leva a formação de frutos e sementes os quais são de interesse para comercialização nos mercados interno e externo. O valor agregado aos serviços prestados pela polinização no país fica em torno de R\$ 43 bilhões por ano. Dentre os cultivos que dependem desses animais está o cultivo de manga (*Mangifera indica*), um dos maiores responsáveis pela economia do país dentro do setor da fruticultura e que para o ano de 2020 representou a maior área cultivada no Brasil, com 49 mil hectares de uso de solo. A manga depende de até 45% das abelhas para a polinização, e ao ser polinizada por esses insetos garante maior produção e qualidade dos frutos. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi levantar a diversidade e dinâmica espaço temporal das populações de abelhas entre cultivos orgânicos e convencionais de manga, sinalizando a importância e contribuindo de alguma forma para as estratégias de uso de solo para agricultura, alinhando produção a conservação de habitat. O estudo foi conduzido em áreas de cultivos orgânico e convencional de manga da região do Vale do São Francisco, nas cidades de Petrolina e Belém do São Francisco, estado de Pernambuco. A coleta das abelhas foi realizada entre março de 2020 e junho 2021 utilizando-se o método de busca ativa com o auxílio de redes entomológicas das 8:00h às 17:00h. Foram coletados 1.063 indivíduos pertencentes a 22 espécies de abelhas distribuídas em três famílias, Apidae, Halictidae e Anthophoridae. *Apis mellifera* foi a espécie dominante e mais abundante tanto nos cultivos de manga orgânico quanto convencional. A similaridade entre as áreas foi baixa e revelou um elevado índice de espécies exclusivas em cada área, com apenas duas espécies comuns entre elas, *Trigona spinipes* e *Apis mellifera*. O período chuvoso registrou maior abundância (1.009 indivíduos) e o período seco maior riqueza de espécies (22 espécies) que pode ter sido influenciado indiretamente por alguns fatores ambientais ou de manejo. Ao longo de todas as campanhas o cultivo orgânico registrou maiores índices de riqueza (n= 15) e abundância (722 indivíduos) reforçando a importância da polinização para os cultivos agrícolas que aliada a boas práticas de manejo refletem em um melhor desenvolvimento e produção conferindo então melhor qualidade e propiciando o aumento da valoração dos produtos obtidos por esses cultivos, além de intensificar a importância das abelhas como mantedoras da vida na Terra.

Palavras chaves: Polinizadores. Diversidade Riqueza. Culturas agrícolas. Mangueira.

ABSTRACT

The most important fruit production factors or bio-inputs are pollinators, bees being the most important invertebrates for this pollination process. They contribute about 80 percent of this service. This process is the first step for the reproduction of plants, which leads to the formation of fruits and seeds that are of interest for commercialization in domestic and foreign markets. The value added to the services provided by pollination in the country is around R\$ 43 billion per year. Among the crops that depend on these animals is the mango crop (*Mangifera indica*), one of the largest responsible for the country's economy within the fruit culture sector and which for the year 2020 represented the largest cultivated area in Brazil, with 49 thousand hectares of land use. The mango depends up to 45% on bees for pollination, and being pollinated by these insects ensures higher production and fruit quality. Therefore, the objective of this study was to assess the diversity and spatial and temporal dynamics of bee populations between organic and conventional mango crops, indicating the importance and contributing somehow to land use strategies for agriculture, aligning production and conservation by producers. The study was conducted in areas of organic and conventional mango crops in the São Francisco Valley region, in the cities of Petrolina and Belém do São Francisco, state of Pernambuco. The collection of bees was carried out between March 2020 and June 2021 using the method of active search with the aid of entomological nets from 8:00 am to 5:00 pm. We collected 1,063 individuals belonging to 22 species of bees distributed in three families, Apidae, Halictidae, and Anthophoridae. *Apis mellifera* was the dominant and most abundant species in both crops. The similarity between the areas was low and revealed a high rate of exclusive species in each area, with only two common species between them, *Trigona spinipes* and *A. mellifera*. The rainy season recorded higher abundance (1,009 individuals) and the dry season higher species richness (22 species) that may have been indirectly influenced by some environmental or management factors. Throughout all the campaigns the organic cultivation recorded higher richness indices (n=15) and abundance (722 individuals), reinforcing the importance of pollination for agricultural crops that combined with good management practices reflect in better development and production, thus conferring better quality and providing an increase in the value of the products obtained by these crops, besides intensifying the importance of bees as maintainers of life on Earth.

Keywords: Pollinators. Diversity. Richness. Agricultural crops. Mango.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa do Domínio Fitogeográfico da Caatinga onde estão localizadas as unidades amostrais de estudo nos cultivos de manga orgânico e convencional das cidades de Petrolina e Belém do São Francisco, estado de Pernambuco.....	13
Figura 2 – Mapa da localização das unidades amostrais distribuídas nos cultivos de manga orgânico e convencional nas cidades de Petrolina e Belém do São Francisco, estado de Pernambuco.....	14
Figura 3 – Esquema representativo de busca ativa para registro da Apifauna. A - Busca ativa em cultivo convencional; B – Busca ativa em cultivo orgânico.....	16
Figura 4 – Curva de acúmulo observada durante todas as campanhas para as áreas de cultivo de manga orgânico e convencional.....	27
Figura 5 – Curva de acúmulo observada durante todas as campanhas para o cultivo de manga orgânico.....	27
Figura 6 – Curva de acúmulo observada durante todas as campanhas para o cultivo convencional.....	28
Figura 7 – Curva de rarefação observada durante todas as campanhas para as áreas de cultivo de manga orgânico e convencional.....	29
Figura 8 – Dendrograma representando a similaridade entre as áreas de cultivo orgânico e convencional.....	30
Figura 9 – Imagem satélite da localização do cultivo convencional em Belém do São Francisco (PE), sua respectiva distância do rio e característica do entorno.....	31
Figura 10 – Imagem satélite da localização do cultivo orgânico em Petrolina (PE), sua respectiva distância do rio e característica do entorno.....	32

LISTAS DE TABELAS

- Tabela 1** – Coordenadas geográficas dos pontos de coletas nas áreas de cultivo orgânico e convencional nos municípios de Petrolina e Belém do São Francisco.....14
- Tabela 2** – Lista de espécies de abelhas amostradas nos cultivos orgânico e convencional de *Mangifera indica*, e sua respectiva organização social.....19
- Tabela 3** – Índice de correlação de Pearson e p-valor para cada variável resposta (riqueza, abundância vs. precipitação), para os cultivos de manga orgânica e convencional.....23
- Tabela 4** – Índices de Diversidade e Riqueza da amostragem de abelhas nas áreas de cultivo de manga orgânico e convencional.....25

LISTAS DE QUADROS

- Quadro 1** – Ordenação seriada utilizando uma matriz de presença e ausência das espécies registradas nas unidades amostrais dos cultivos orgânico e convencional.....34
- Quadro 2** – Ordenação seriada utilizando uma matriz de presença e ausência das espécies registradas nas unidades amostrais para o cultivo orgânico.....36
- Quadro 3** – Ordenação seriada utilizando uma matriz de presença e ausência das espécies registradas nas unidades amostrais para o cultivo convencional.....37

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Dados pluviométricos dos anos de 2020 e 2021 da cidade de Belém do São Francisco, estado de Pernambuco.....	15
Gráfico 2 – Dados pluviométricos dos anos de 2020 e 2021 da cidade de Petrolina, estado de Pernambuco.....	15
Gráfico 3 – Abundância (%) de espécies de abelhas em cultivo de manga orgânica e convencional.....	21
Gráfico 4 – Organização social (%) das espécies de abelhas amostradas nas áreas de cultivo de manga orgânica e convencional.....	22
Gráfico 5 – Variação temporal das populações de abelhas amostradas nos cultivos de manga orgânica e convencional com destaque para flutuação dos valores de abundância, riqueza e índices de dominância por campanha.....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 GERAL	3
2.2 ESPECÍFICOS	3
3 JUSTIFICATIVA	3
4 REFERENCIAL TEÓRICO	3
4.1 A CAATINGA E ÁREA DE ESFORÇO AMOSTRAL	3
4.2 IMPORTÂNCIA ECOSSISTÊMICA E ECONÔMICA DA POLINIZAÇÃO	6
4.3 AS ABELHAS E SUA IMPORTÂNCIA COMO INSETOS POLINIZADORES	8
4.4 A MANGA (<i>Mangifera indica</i> Linnaeus) E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA PARA O VALE DO SÃO FRANCISCO.....	10
5 METODOLOGIA	12
5.1 ÁREA DE ESTUDO.....	12
5.2 PROTOCOLO DE COLETA E AMOSTRAGEM DAS ABELHAS	14
5.3 ANÁLISE DE DADOS.....	16
5.3.1 Riqueza e Abundância de abelhas observadas durante todas as campanhas para as áreas de amostragem nos cultivos de manga orgânico e convencional	17
5.3.2 Correlação linear de Pearson entre essas variáveis com a precipitação das áreas de amostragem nos cultivos de manga orgânico e convencional	17
5.3.3 Índices de diversidade e dominância de espécies de abelhas amostradas no cultivo de manga orgânico e convencional	17
5.3.4 Curva de Rarefação observada durante todas as campanhas para as áreas de cultivo orgânico e convencional	18
5.3.5 Curva do coletor observada durante todas as campanhas para as áreas de amostragem dos cultivos de manga orgânico e convencional	18
5.3.6 Similaridade entre as áreas de cultivo de manga orgânico e convencional das áreas amostradas	18
5.3.7 Avaliação temporal das espécies registradas nas unidades amostrais nos cultivos de manga orgânico e convencional	18
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6.1 RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE ESPÉCIES DE ABELHAS NO CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL E A RESPECTIVA CORRELAÇÃO ENTRE ESSAS VARIÁVEIS COM A PRECIPITAÇÃO (mm) DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM.....	19

6.2 ÍNDICES DE DIVERSIDADE E DOMINÂNCIA DE ESPÉCIES DE ABELHAS AMOSTRADAS NO CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL.....	24
6.3 CURVA DO COLETOR OBSERVADA DURANTE TODAS AS CAMPANHAS PARA AS ÁREAS DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL.....	26
6.4 CURVA DE RAREFAÇÃO OBSERVADA DURANTE TODAS AS CAMPANHAS PARA AS ÁREAS DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL.....	28
6.5 SIMILARIDADE ENTRE AS ÁREAS DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL.....	29
6.6 AVALIAÇÃO TEMPORAL DAS ESPÉCIES DA REGISTRADAS NAS UNIDADES AMOSTRAIS	33
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

As abelhas são os invertebrados mais importantes para os processos de polinização, processo que auxilia na reprodução das plantas, nas quais cerca de 80% estão ligadas direta ou indiretamente com a alimentação humana e animal (GIANNINI *et al.*, 2015). Associado a isso, as abelhas estão presentes em quase todos os biomas, domínios morfoclimáticos e/ou fitogeográficos, o que as tornam responsáveis pela manutenção e conservação da diversidade de fauna e flora (KLEIN *et al.*, 2007; SILVA, C. *et al.*, 2014). Pertencem à ordem Hymenoptera e subordem Apócrita, juntamente com as vespas e as formigas (CUNHA *et al.*, 2014).

Estimam-se mais de 20 mil espécies de abelhas descritas em todo mundo com predominância de antofílicas, dessas, cerca de 2.500 espécies ocorrem no Brasil e são distribuídas em cinco principais famílias: Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae (SILVA, C. *et al.*, 2014). Para o Domínio Fitogeográfico da Caatinga, até hoje são conhecidas 187 espécies e 77 gêneros. Para este domínio, a família Apidae é a mais representativa com 114 espécies em 45 gêneros, seguida por Megachilidae (34 espécies e nove gêneros), Halictidae (18 espécies e sete gêneros), Colletidae (13 espécies em nove gêneros) e, por fim, a família Andrenidae que apresenta oito espécies em sete gêneros (ZANELLA; MARTINS, 2003).

Foram feitas amostragens da Apifauna do Vale do São Francisco em alguns trabalhos. Na região das dunas interiores do Rio São Francisco, Viana (1999), registrou indivíduos pertencentes a cinco famílias, Anthrophoridae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae, em três localidades diferentes. Para esta amostragem, 31 espécies foram registradas em Ibiraba, 42 em Casa e 45 espécies em São João do Cariri.

Adicionalmente, no perímetro irrigado da região do Salitre em Juazeiro (BA), Silva T. *et al.* (2014) levantaram 1.689 espécimes de quatro famílias, Apidae (65%) e Halictidae (20%) e menor representatividade para Andrenidae (13%) e Megachilidae (2%). Tais resultados foram restritos a descrição dos indivíduos até o nível de família. No mesmo ano, Feitoza *et al.* (2014), em área de Caatinga nas cidades de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), registraram 38 espécies distribuídas nas seguintes famílias: Apidae, representando 76%, Halictidae, Megachilidae e Andrenidae representaram juntas 24% da amostragem.

Nos últimos anos, a fruticultura foi o segmento agrícola que mais contribuiu para o fortalecimento da economia mundial (*Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO, 2018). Tal segmento coloca o Brasil como o terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás apenas da China e da Índia, respectivamente. Dentre a produção brasileira de frutos, pelo menos 90% do que é exportado é produzido na região do Vale do São Francisco, destacando-se principalmente os cultivos de uva e manga (BUSTAMANTE, 2009).

A manga vem ganhando cada vez mais espaço no mercado, tanto alimentício quanto no mercado farmacêutico, entre outros, e atualmente a produção dessa cultura está em torno de 243,225 mil toneladas o que equivale a US\$ 246,917 milhões, sendo que o Vale do São Francisco (VSF) é responsável por 87% dessas exportações. Além disso, em 2020 essa cultura foi responsável pela maior ocupação de uso de solo na região do VFS, cerca de 49 mil hectares, mostrando-se assim uma cultura de extrema importância para economia do país (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2006; KIST *et al.*, 2021; CEPEA, 2022).

Nesse contexto, é imprescindível destacar que os fatores para produção de frutas mais importantes são os polinizadores ou bioinsumos. O valor agregado aos serviços prestados pela polinização no país por ano fica em torno de R\$ 43 bilhões, desse modo, compreender o quão importantes são as abelhas para produção de alimentos e para manutenção da vida na Terra é fundamental para as tomadas de decisões nas gestões de uso agrícola pelos produtores, assim como nas estratégias para produção a longo prazo, sustentável, alinhada com a conservação (ROCHA *et al.*, 2020).

Logo, levantar a diversidade e a variação espaço temporal das populações de abelhas em diferentes sistemas de cultivos (orgânico e convencional), dará uma ideia de como tais populações são reguladas ou influenciadas por fatores externos, tais como, umidade relativa do ar, precipitação, velocidade do vento, entre outros. As respostas nas dinâmicas populacionais das abelhas amostradas nos cultivos de manga orgânico e convencional contribuirão para que os produtores possam implementar práticas sustentáveis com aumento da produtividade (BUSTAMANTE, 2009; CORDEIRO, 2020).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a variação espaço temporal das populações das abelhas nos cultivos orgânico e convencional de manga (*Mangifera indica*) na região do Vale do São Francisco.

2.2 ESPECÍFICOS

- Levantar a riqueza, abundância, dominância e diversidade das espécies de abelhas que visitam as flores de manga dos cultivos orgânico e convencional;
- Avaliar a dinâmica espacial ao comparar a similaridade das populações de abelhas entre as áreas de cultivo orgânico e convencional da mangueira (*M. indica*);
- Avaliar a dinâmica temporal das populações das abelhas visitantes florais da manga (orgânica e convencional) no período seco e chuvoso.

3 JUSTIFICATIVA

Considerando os 49 mil hectares de uso de solo para o cultivo da manga (*Mangifera indica*) do Vale do São Francisco, e que este número representa a maior área cultivada no Brasil até o ano de 2020, e tendo em vista que este cultivo tem uma dependência de até 45% das abelhas como polinizadores (GIANNINI, *et al.*, 2015), este trabalho tem a intenção de levantar a diversidade e dinâmica espaço temporal das populações de abelhas nos cultivos de manga (sistemas orgânico e convencional), sinalizando a importância e contribuindo de alguma forma para as estratégias de uso de solo para agricultura, alinhando produção a conservação.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A CAATINGA E ÁREA DE ESFORÇO AMOSTRAL

O Brasil compreende um dos três núcleos de regiões semiáridas da América do Sul, conhecido como “domínios das caatingas semiáridas do Nordeste brasileiro”.

É um país com altos índices de biodiversidade, e diferentes fitofisionomias, com longo histórico de mudanças, especialmente para as áreas que são consideradas “secas” encontradas na região Nordeste do país (AB’SÁBER, 1974).

O Nordeste brasileiro é composto pelos estados do Ceará, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Rio Grande do Norte, Maranhão, Paraíba e Piauí. É considerada a área mais quente de todo globo terrestre devido à forte incidência solar (média de 2800 h ano⁻¹), baixa e irregular precipitação (inferiores a 800 mm), com longos períodos de seca e temperaturas médias anuais em torno de 20° a 28°C. Sua área ocupa 18,2% do território nacional que são referentes a 1,56 milhões de km² (DE MOURA *et al.*, 2007; CUNHA, 2013).

A região mais representativa do Nordeste brasileiro é a Caatinga, que foi reconhecida historicamente como unidade fitogeográfica por volta de 1820 por Carl Friedrich Philipp Von Martius, médico naturalista, pioneiro na classificação fitogeográfica para o Brasil, cujo trabalho é base para os estudos até os dias atuais (MORO, 2013). Abrange 11% de todo território nacional, com uma área de 844.453 km², além de ser um domínio exclusivamente brasileiro. Com clima semiárido, é conhecida também por “mata branca”, nome dado pelos índios; apresenta vegetação xérica, resiliente, e com alto índice de diversidade tanto para fauna como para flora (178 espécies de mamíferos, 591 de aves, 177 de répteis, 79 espécies de anfíbios, 241 de peixes e 187 de abelhas) com alto índice de endemismo (ZANELLA; MARTINS, 2003; GIULIETTI *et al.*, 2004; MMA, 2022).

A Caatinga compreende os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais. Apresenta irregularidades nas suas taxas de evapotranspiração com divisão em dois períodos anuais, chuvoso e seco (ou de estiagem). O período historicamente chuvoso é relativamente curto (3 a 5 meses), entre os meses de janeiro a maio, enquanto o período seco é mais intenso e prolongado, tomando maior parte do ano, entre junho e dezembro. Somada ao estresse hídrico, as áreas do domínio da Caatinga têm sido negligenciadas e extremamente exploradas pelo homem, com uma perda estimada em cerca de 50% da sua condição original (GIULIETTI *et al.*, 2004; MMA, 2022).

Ao longo do tempo, a Caatinga recebeu diferentes denominações que foram determinadas por diversos fatores, tais como seus tipos de vegetação, processos

morfoclimáticos, ecológicos, biogeográficos, entre outros. Com uma longa lista iniciada por RIZZINI (1963), a região da Caatinga recebeu o nome de Subprovíncia Nordeste. AB'SÁBER (1970), a denominou de domínio morfoclimático das depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste, passando em 1973 a ser conhecida por Província da Caatinga (CABRERA *et al.*, 1973) e posteriormente de Ecorregião da Caatinga (OLSON *et al.*, 2001). Logo depois AB'SÁBER (2003; 2008) alterou a sua denominação inicial para Domínio das Caatingas. Atualmente podemos encontrar a denominação de Bioma da Caatinga (IBGE, 2021).

Além disso, apresenta diferentes fitofisionomias que são formadas pela variação de um mosaico com diferentes tipos de vegetação (em sua grande maioria caducifólia, xerófila e espinhosa) e de solos. Encontra-se sobre uma região denominada “depressão sertaneja”, com características predominantes em áreas expostas do escudo cristalino (solo raso e pedregoso) com delimitação de fatores bióticos e abióticos que são responsáveis pelo funcionamento ecossistêmico da comunidade presente nela (ANDRADE-LIMA, 1981; VELLOSO, *et al.*, 2002; AB'SÁBER, 2003; MORO, 2013; MORO *et al.*, 2016).

Outros mais como Moro (2013), considera até o presente momento que o termo mais apropriado para denominar a Caatinga seja “DOMÍNIO FITOGEOGRÁFICO DA CAATINGA”, utilizado por ANDRADE-LIMA (1981), uma vez que, o termo domínio é amplo e de elevado grau de heterogeneidade, envolvendo diferentes tipos de climas, solos, relevos, paisagens, e, principalmente, múltiplas fitofisionomias (biomas). Este domínio pode ser ainda subdividido em oito Ecorregiões denominadas de Complexo de Campo Maior, Complexo Ibiapaba-Araripe, Depressão Sertaneja Setentrional, Planalto da Borborema, Depressão Sertaneja Meridional, Dunas do São Francisco, Complexo da Chapada Diamantina e Raso da Catarina (VELOSO, 2002).

O Vale do São Francisco encontra-se na Ecorregião denominada Depressão Sertaneja Meridional, que faz divisa com todas as outras Ecorregiões, exceto com o Complexo de Campo Maior. Tem cerca de 373.900 km². Por sua grande extensão, circunda quase que totalmente três Ecorregiões, como o Complexo da Chapada da Diamantina, Dunas do São Francisco, além do Raso da Catarina (VELOSO, 2002; DIAS, 2018).

A Ecorregião denominada Depressão Sertaneja Meridional apresenta uma sub-região denominada “Depressão São-Franciscana”, localizada no leito do Rio São Francisco, que apresenta heterogeneidade nas categorias de solos, relevo e vegetação. Na região do estado de Pernambuco, que faz divisa com as cidades de Juazeiro e Sobradinho, no estado da Bahia, os solos são profundos, com baixa fertilidade e a vegetação predominante é a Caatinga hiperxerófila. Já na cidade de Petrolina (PE) os solos são particularmente mais profundos com baixos níveis de fertilidade natural e uma vegetação do tipo caatinga hiperxerófila. Em Belém do São Francisco (PE) os solos são predominantemente rasos e com fertilidade natural baixa, a vegetação predominante também é do tipo caatinga hiperxerófila, no entanto, com trechos de Floresta Caducifólia. Ambas as cidades são localizadas na margem esquerda do Rio São Francisco (SILVA *et al.*, 2003; GALVÍNCIO, 2009; DE ASSIS, 2014).

Embora o Domínio Fitogeográfico da Caatinga seja um dos mais importantes do ponto de vista ecossistêmico, ainda são poucas as estratégias e programas de manejo e conservação, um fator preocupante, uma vez que, esses programas contribuem com a redução das pressões antrópicas, que ainda são a maior causa de danos ao meio ambiente. Sendo a flora e fauna de diferentes ecossistemas afetados, as abelhas não ficam de fora, fator alarmante, dada a importância desses polinizadores para manutenção dos diversos ecossistemas pertencentes a quaisquer que sejam os domínios fitogeográficos (BUSTAMANTE, 2009; COSTA & OLIVEIRA, 2013; MMA, 2022).

4.2 IMPORTÂNCIA ECOSSISTÊMICA E ECONÔMICA DA POLINIZAÇÃO

A polinização é um processo que auxilia as plantas na sua reprodução, de modo a possibilitar a transferência de pólen. Ocorre de três formas: xenogamia ou polinização cruzada - quando a transferência é realizada entre plantas diferentes e estas apresentam flores com características masculinas e femininas separadas; geitonogamia - quando o transporte do pólen ocorre entre flores da mesma planta; e autogamia ou autopolinização - quando a transferência ocorre na mesma planta que apresenta flores hermafroditas, isto é, com características masculinas e femininas na mesma flor (WITTER *et al.*, 2014; CUNHA *et al.*, 2014).

Cada tipo de polinizador, seja ele vertebrado ou invertebrado apresenta preferências por dadas características florais que refletem a aspectos como tamanho, cor, cheiro, entre outros. Muitas dessas preferências estão relacionadas a interação ecológica animal-planta que permitiu a coevolução de ambos os grupos garantindo sucesso evolutivo (WITTER *et al.*, 2014; COSTA; OLIVEIRA, 2013).

A polinização é fundamental, pois é um processo que evita o declínio de espécies da fauna e flora, direta ou indiretamente, contribuindo com o equilíbrio do funcionamento de diferentes ecossistemas, além de colaborar com o melhoramento da produção de diversas culturas utilizadas para alimentação animal e humana, aumentando a produção de sementes e frutos e proporcionando a esses melhor qualidade e por consequência valorização e aceitação nos mercados interno e externo (COSTA; OLIVEIRA, 2013; CUNHA *et al.*, 2014).

Desse modo, Giannini *et al.* (2015) ao estudarem a dependência das culturas por polinizadores, puderam inferir um valor aos serviços prestados pela polinização (US\$ 12 bilhões), com base na taxa de dependência (DR) de polinizadores que cada cultura que é baseada principalmente na importância da polinização animal para cada cultura, e para essa avaliação fizeram uso de critérios mais investigativos como a morfologia floral, sistema de reprodução, nível de produção de frutos sem polinizador, observação dos frutos gerados pós polinização do polinizador efetivo da cultura e grau de melhoria e qualidade (produção e frutos) mediante a polinização animal (KLEIN *et al.*, 2007).

O índice ou taxa de dependência de polinizadores (DR) determina a classificação da cultura em quatro categorias: cultura com dependência do tipo ESSENCIAL, quando o DR é de 0,95, ou seja, 90-100% depende da polinização; GRANDE quando o DR= 0,65, ou seja, 40-90% de dependência; MODESTA se o DR= 0,25 (10-40%) e PEQUENA quando DR é igual a 0,05 (0-10%) (GALLAI *et al.*, 2009).

Assim, os autores estimaram que o valor da polinização estaria em torno de US\$ 12 bilhões (R\$ 43 bilhões) que correspondem a 30% do total da produção (US\$ 45 bilhões). Os cultivos que correspondem a maior parte desses valores são a soja, laranja, café e maçã, somando 80% do total da quantia associada. A manga apesar de ter uma dependência estimada como grande carece de trabalhos de biologia floral para determinação dos polinizadores efetivos e a confirmação dessa dependência em diferentes variedades e regiões (ROCHA *et al.*, 2020; GIANNINI *et al.*, 2015; KLEIN *et*

al., 2007). O valor global dos serviços ecossistêmicos da polinização foi estimado entre US\$ 235 e 577 bilhões (POTTS *et al.*, 2016).

Ainda segundo Giannini *et al.* (2015), a polinização por abelhas solitárias, vêm contribuindo cada vez mais para a produção agrícola, de modo que, houve um aumento na produção de sementes em 41 sistemas agrícolas por todo o mundo, sem considerar a colaboração das espécies manejadas, em especial da *Apis mellifera*, que é a mais utilizada nos sistemas de produção agrícola. Isso devido ao fato desses polinizadores amortecerem o impacto das mudanças climáticas sobre a produção agrícola.

Em contrapartida, o declínio das populações de espécies polinizadoras, sejam elas silvestres ou manejadas, implica em prejuízos a manutenção e sucesso reprodutivo das espécies vegetais ligadas à produção agrícola, ou conservação de ecossistemas silvestres, o que resulta em um efeito cascata. Esse efeito pode ocorrer a curto e médio prazo, a depender do nível de dependência daquela população por espécies vegetais, além do impacto e/ou extinção causado a fauna dependente dos serviços de polinização (WITTER *et al.*, 2014).

Segundo a FAO [*Food and agriculture organization*, 2021], as ações antrópicas estão contribuindo com taxas de extinção cada vez mais altas dos polinizadores, principalmente dos invertebrados, cujo percentual estimado é de cerca de 40% de perda da biodiversidade futura, com destaque para as abelhas e borboletas. Essas perdas são atribuídas ao uso excessivo e inadequado de manejos agrícolas e de agroquímicos, fragmentação de vegetação, além das mudanças climáticas.

4.3 AS ABELHAS E SUA IMPORTÂNCIA COMO INSETOS POLINIZADORES

As espécies de abelhas apresentam uma variação bem representativa, devido, principalmente, a diferentes aspectos como cor, tamanho, formas, hábitos de nidificação e modo de vida (A.B.E.L.H.A., 2021). Esse último corresponde ao tipo de organização social, que varia do solitário, comunal, primitivamente social, até o verdadeiramente social ou eussocial. Cerca de 80% das espécies são solitárias, constroem seus ninhos no solo e não mantêm contato parental com suas crias, no entanto, dentro desse grupo estão as consideradas subsociais, que por um determinado tempo demonstram certo cuidado parental com as crias jovens

(apresentam sobreposição de gerações) (ZANELLA; MARTINS, 2003; SILVA C. *et al.*, 2014).

Com relação às espécies sociais, há uma divisão reprodutiva (diferença morfofisiológica entre as fêmeas) e de tarefas dentro da colônia, com uma ou poucas fêmeas capazes de produzir machos e fêmeas, além da sobreposição de gerações. Para construção de seus ninhos fazem uso de cavidades pré-existentes em árvores vivas ou mortas (ZANELLA; MARTINS, 2003). Este tipo de comportamento é considerado uma inovação evolutiva, pois garantiu o aperfeiçoamento das características organizacionais, que por sua vez, geram benefícios em aspectos competitivos e de aptidão para o trabalho em grupo. Esses fatores organizacionais enfatizam a importância desses indivíduos junto a seus serviços de polinização para o meio ambiente (KWONG *et al.*, 2017).

Além disso, as abelhas ao se alimentarem dos recursos florais acabam, por consequência, realizando a polinização. As plantas lhes fornecem todos os recursos necessários, como fontes de proteínas e sais minerais provindos do pólen, carboidratos extraídos do néctar, e lipídeos provenientes dos óleos florais (SILVA C. *et al.*, 2014). Além do alimento, os locais e/ou recursos para garantirem sua nidificação, em sua maioria, também vem das plantas, seja da extração de matérias-primas para confecção dos seus ninhos, seja na utilização de cavidades pré-existentes em árvores vivas ou mortas (ZANELLA; MARTINS, 2003).

Para a coleta e transporte de alimentos, as abelhas apresentam estruturas especializadas, a começar pelo aparelho bucal que é do tipo mastigador e sugador, que entre suas funções estão: pré-preparo da cera e própolis para construção do ninho, alimentação da rainha e das larvas, limpeza e defesa do ninho, ingestão de substâncias líquidas como néctar, mel e água, distribuição do feromônio da rainha entre as operárias, além da coleta de pólen que é auxiliada pela glossa. As pernas além das funções básicas de locomoção, apresentam corbículas, em algumas abelhas, que servem para armazenar e transportar o pólen e resina. Essa estrutura fica localizada nas pernas posteriores e acredita-se que seu surgimento seja devido à necessidade do transporte da própolis até o ninho no decorrer do tempo (SILVA, C. *et al.*, 2014; BOMFIM *et al.*, 2017).

Desse modo, as abelhas tendem a polinizar plantas com flores amareladas, ultravioleta ou azuladas. Isso pode ser explicado pelo fato delas não enxergarem algumas cores como o vermelho, por exemplo, ou ainda as que exalam cheiros mais doces e com a presença de guias de néctar que atuam direcionando-as no momento da polinização (GULLAN; CRANSTON, 2008).

O Processo de polinização realizado pelas abelhas recebe o nome de “melitofilia”. Elas são as polinizadoras mais importantes do ponto de vista ambiental e econômico, por isso, os estudos sobre sua inserção em áreas agrícolas estão crescendo, porém, o conhecimento pelo homem ainda é limitado apenas às abelhas “domésticas”, assim chamadas por serem comuns na apicultura, principalmente a *Apis mellifera* que é uma espécie exótica introduzida no Brasil, proveniente do cruzamento de espécies vindas da Europa (*A. mellifera iberiensis*) e África (*A. mellifera scutella*) (ZANELLA; MARTINS, 2003; GARIBALDI *et al.*, 2013).

No entanto, abelhas solitárias apresentam um excelente trabalho como polinizadoras, sejam de culturas agrícolas ou da vegetação natural, e há estudos que comprovam a maior eficiência delas em comparação com a *A. mellifera*, inclusive para culturas agrícolas importantes, como é o caso da *Mangifera indica*, cujo impacto da polinização é considerado excelente. Além disso, é importante salientar que a atividade de uma abelha nativa não exclui o trabalho de uma manejada, o que sugere, inclusive que áreas com suporte vegetacional no entorno colabore com a permanência e sucesso de ambas as espécies, o que por consequência é refletido nas culturas por elas beneficiadas. A *M. indica*, por exemplo, tem uma dependência de 45% das abelhas como polinizadores, sejam elas manejadas ou solitárias, o que significa que, investir em estratégias que visem o aumento de polinizadores para esta cultura é garantir a melhor qualidade do cultivo (maior produção e qualidade dos frutos) (GARIBALDI *et al.*, 2013; KLEIN *et al.*, 2007).

4.4 A MANGA (*Mangifera indica* Linnaeus) E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA PARA O VALE DO SÃO FRANCISCO

A manga (*Mangifera indica*), pertencente à família Anacardiaceae e não é nativa do Brasil. Acredita-se que sua origem seja da Índia e Sudeste da Ásia, e que sua vinda ao país tenha ocorrido através dos portugueses em meados do século XVIII. Teve uma ótima adaptação ao clima brasileiro fazendo com que sua distribuição ocorresse uniformemente por todas as regiões do país, principalmente na região do semiárido (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2009; SILVA-LUZ *et al.*, 2020; HORTO BOTÂNICO, 2021).

É uma espécie de porte arbóreo, sua morfologia baseia-se em folhas grandes de aspecto lanceolado, a inflorescência é do tipo panícula, com aspecto piramidal, hermafroditas ou unissexuais, que se apresentam em tons mais claros quando na fase inicial e avermelhados nos estágios finais de floração. Cada panícula apresenta em média cerca de mil flores, sendo 70% de flores masculinas e os outros 30% de flores hermafroditas (KIILL; MEDEIROS, 2008; HORTO BOTÂNICO, 2021).

O período de florescimento dura 5 meses, em geral, que no Brasil ocorre entre maio a setembro. No entanto, há variação nesse período a depender de diversos fatores, como a época do ano, em função do clima, manejo agrícola (podas, produção anterior, entre outros) e principalmente uso de reguladores de crescimento que por finalidade tendem a antecipar o período natural da floração, que apresenta um florescimento que dura em média de 25 dias. Além de ter um ciclo de polinização relativamente curto, com as panículas se desenvolvendo entre 35 a 40 dias, com abertura das primeiras flores por volta do vigésimo dia e, com a produção de pólen durando apenas quatro horas por dia, das 12:30h às 16h00 (DAVENPORT, 2007; MANCIN *et al.*, 2009).

A manga vem ganhando cada vez mais espaço no mercado, tanto alimentício, com seu consumo diversificado que vai desde “*in natura*” ou processada em forma de doces, sucos, sorvetes entre outros, quanto no mercado farmacêutico, devido suas propriedades medicinais, antialérgicas, antiviral, antioxidantes, antibactericida entre outras e, há ainda quem a utilize apenas como planta ornamental (HORTO BOTÂNICO, 2021).

Atualmente, segundo Kist *et al.* (2021), a produção de manga foi 243,225 mil toneladas o que equivale a US\$ 246,917 milhões, sendo que o Vale do São Francisco (VSF) é responsável por 87% dessas exportações. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo (CEPEA) o último registro é de 49 mil hectares de mangueiras só no VSF, não é à toa que é considerado um dos maiores polos ao nível de produção e exportação de manga tanto no Brasil quanto no hemisfério sul (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2006). Ainda segundo o CEPEA (2022), em 2021 houve uma ligeira alta na produção de frutas quando comparado a produção de 2020, principalmente devido as regiões que exportam uva e manga.

Dada a importância dessa cultura para economia do país, é preciso conhecer, valorizar e investir em práticas que visem principalmente à qualidade do seu fruto. A polinização é uma peça-chave para esse quesito, visto que, é comprovado que esse processo é eficiente não somente na reprodução das plantas, mas também no melhoramento de seus frutos e sementes, o que para o mercado é um dos principais fatores observados e considerados na hora da compra (KIILL; MEDEIROS, 2008).

De modo que, mesmo a mangueira sendo um tipo vegetal considerado generalista quanto a polinização, devido à diversidade de insetos que visitam as suas flores, não é possível afirmar que todos eles sejam polinizadores efetivos, ou seja, que contribuam efetivamente para produção de frutos e sementes (CARVALHO *et al.*, 2006; KIILL & MEDEIROS, 2008).

Desse modo, de acordo com Carvalho *et al.* (2006), KIILL e MEDEIROS (2008) e MALERBO-SOUZA e HALAK (2009) os visitantes florais comumente observados na *M. indica* são das ordens: Díptera, Hymenoptera, Hemiptera seguidos de outros, não tão presentes como Coleoptera, Lepidoptera, Neuroptera e Orthoptera. No entanto, SIQUEIRA *et al.* (2008), reforçam que ainda são necessários estudos que se aprofundem na biologia floral da mangueira para que possa de fato se ter uma informação mais assertiva a respeito da eficiência dos seus visitantes florais.

Portanto, entender o valor que a polinização agrega as diferentes culturas, e em especial ao cultivo de manga, é imprescindível. E uma das chaves seria a conservação de áreas naturais, dado que, é comprovado que o cuidado com essas

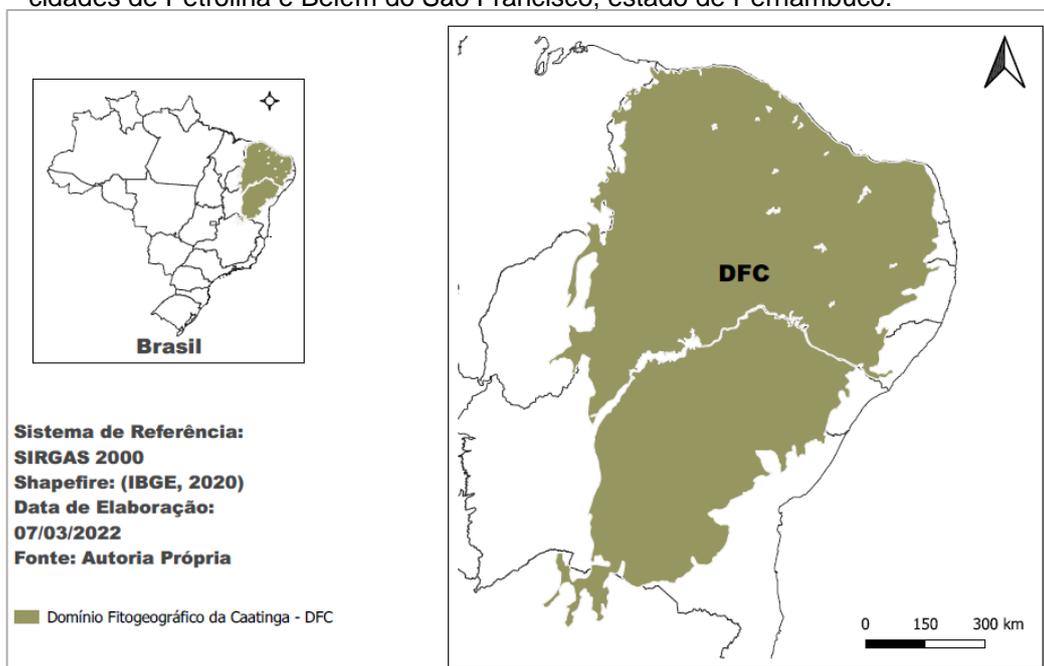
áreas favorece a manutenção de espécies polinizadoras, sejam elas solitárias ou de apiários comerciais e/ou domésticos, e quanto maior a diversidade de polinizadores melhor a qualidade do cultivo e consequentemente maior o lucro para produção (KIILL; MEDEIROS, 2008).

5 METODOLOGIA

5.1 ÁREA DE ESTUDO

As áreas de estudo estão situadas na região do Vale do São Francisco, sub-região denominada Depressão São-Franciscana (DIAS, 2018; VELOSO, 2002), localizada no leito do Rio São Francisco. Tais áreas estão na Ecorregião da Depressão Sertaneja Meridional (VELOSO, 2002), no Domínio Fitogeográfico da Caatinga - DFC (MORO, 2013) (Figura 1).

Figura 1 – Mapa do Domínio Fitogeográfico da Caatinga onde estão localizadas as unidades amostrais de estudo nos cultivos de manga orgânico e convencional das cidades de Petrolina e Belém do São Francisco, estado de Pernambuco.



Foram escolhidas duas unidades amostrais das áreas de amostragem do projeto Beesness, projeto internacional que tem colaboração do Centro de Conservação e Manejo da Fauna da Caatinga (Cemafauna). Dois pontos de coleta (1 para cada cidade) estiveram distribuídos no estado de Pernambuco, nas cidades de Petrolina e Belém do São Francisco (Figura 2), o primeiro ponto está localizado em Petrolina e refere-se ao cultivo de manga do tipo orgânico, cuja área está inserida no projeto de irrigação Nilo Coelho (N5), zonal rural do município. O segundo ponto é localizado em Belém do São Francisco nas áreas da empresa Agrodan (Agropecuária Roriz Dantas) se refere ao cultivo de manga do tipo convencional (Tabela 1).

Figura 2 – Mapa da localização das unidades amostrais distribuídas nos cultivos de manga orgânico e convencional nas cidades de Petrolina e Belém do São Francisco, estado de Pernambuco.

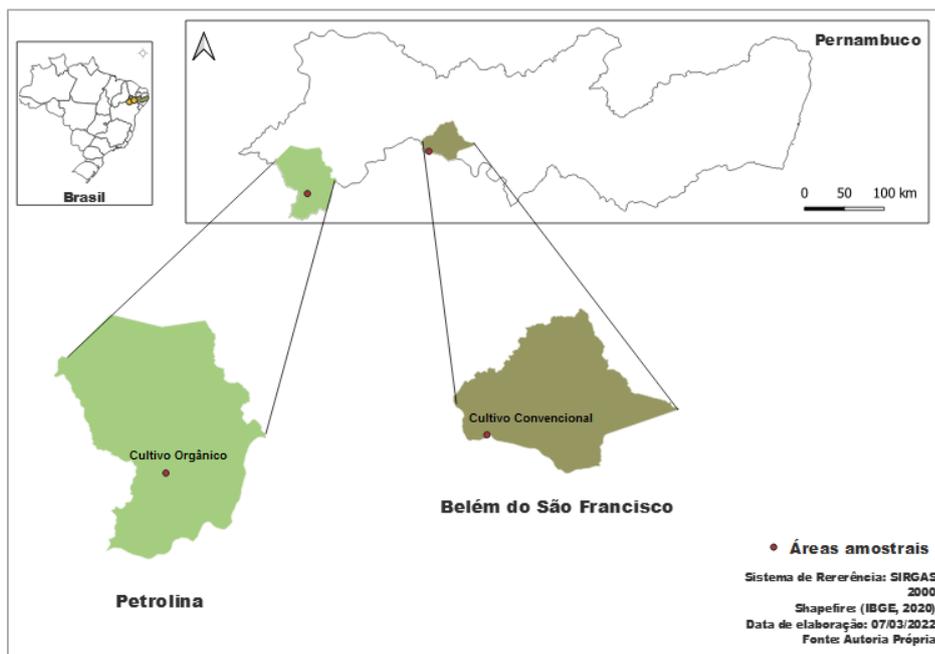


Tabela 1 – Coordenadas geográficas dos pontos de coletas dos cultivos de manga orgânico e convencional nos municípios de Petrolina e Belém do São Francisco, Pernambuco.

Área	Coordenadas geográficas
Petrolina	9°10'51"S - 40°33'57"W
Belém do São Francisco	8°41'38"S - 39°10'34"W

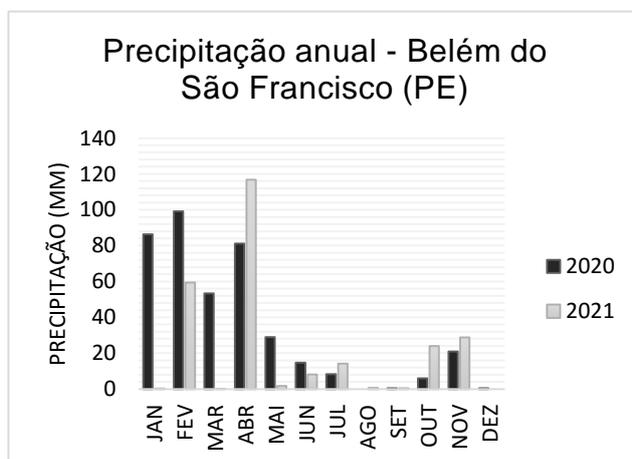
A cidade de Petrolina apresenta temperatura média anual em torno de 26.6 °C e precipitação pluvial média anual de 560 (mm). O período chuvoso concentra-se entre os meses de janeiro a abril, sendo março (136 mm) e agosto (5 mm) os meses com a maior e a menor precipitação. Já a cidade de Belém do São Francisco, apresenta temperatura média anual em torno de 26 °C com precipitação pluviométrica anual média de 470 mm, com período chuvoso entre os meses de janeiro a abril (GALVÍNCIO, *et al.*, 2009; DE ASSIS *et al.*, 2014; INPE, 2021).

5.2 PROTOCOLO DE COLETA E AMOSTRAGEM DAS ABELHAS

A coleta de abelhas foi realizada em áreas de cultivos orgânico e convencional de manga (*Mangifera indica*) da região do Vale do São Francisco, nas cidades de Petrolina e Belém do São Francisco, estado de Pernambuco. O IBAMA regulamenta através da portaria 332 de 31 de março de 1990, a coleta de espécimes da fauna silvestre para fins didáticos e científicos desse modo, toda metodologia deste trabalho seguiu o protocolo ético e para coleta das abelhas tem a autorização, licença-27357, expedida pelo IBAMA/SISBIO.

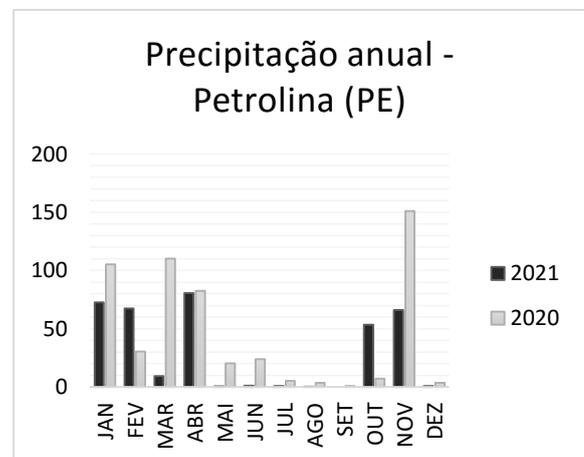
As abelhas foram então coletadas entre março de 2020 a junho 2021. Contudo, as coletas acompanharam os períodos de floração (devido à instabilidade dos períodos de chuva) que ocorreram no ano de 2020, entre os meses de março com precipitação média de (163.4 mm), setembro (1.3 mm) e outubro (13.3mm); e em

Gráfico 1 – Dados pluviométricos dos anos de 2020 e 2021 da cidade de Belém do São Francisco do Estado de Pernambuco.



Fonte: Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, 2022.

Gráfico 2 – Dados pluviométricos dos anos de 2020 e 2021 da cidade de Petrolina do Estado de Pernambuco.

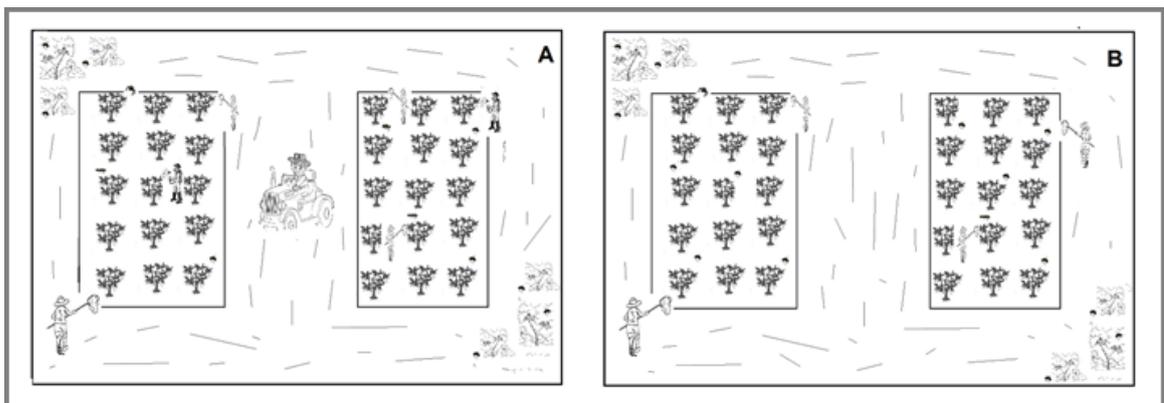


Fonte: Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, 2022.

2021, entre os meses de fevereiro (126.9 mm), março (9.4 mm), maio (2.2 mm) e junho (9.3 mm) (Gráfico 1 e 2). Cada mês correspondeu a uma campanha, totalizando sete nos dois anos de coleta, com dois dias de coleta por mês, embora em algumas campanhas não foi possível realizar os dois dias de coleta devido algumas eventualidades (chuva e/ou tempo nublado). Para cada dia o esforço amostral foi de 8h, contabilizando 56h para o cultivo orgânico e 40h para o convencional, sendo que 32h são referentes ao período seco e 64h ao chuvoso, tendo ao final um total de 96h de esforço amostral.

As coletas foram realizadas por dois coletores em cada unidade amostral (cultivo orgânico e convencional), nos períodos da manhã e tarde (entre 8h e 17h), com intervalo de 1h, entre às 12h e 13h. Cada abelha foi coletada por busca ativa com auxílio de redes entomológicas durante as visitas às flores (Figura 3). Em seguida, os indivíduos eram colocados em microtubos do tipo *Eppendorf* (1,5 ml), etiquetados (com informações como horário, data, local e nome do coletor) e então mantidos em bolsas de gelo. O material biológico foi levado para triagem e conservação no Laboratório de Entomologia Terrestre do Centro de Conservação e Manejo da Fauna da Caatinga (Cemafauna) na Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), para realização dos procedimentos de identificação, montagem e inserção de espécimes ao acervo do Museu de Fauna da Caatinga.

Figura 3 – Esquema representativo de busca ativa para registro da apifauna. A - Busca ativa em cultivo convencional; B – Busca ativa em cultivo orgânico.



Fonte: autoria própria.

Os espécimes foram montados com auxílio de alfinetes entomológicos de número um ou três, variando de acordo com o tamanho do indivíduo. Cada alfinete foi inserido de forma perpendicular na parte dorsal, na região anterior direita do

mesoscuto e junto com a tégula, mantendo uma distância de 8 a 10 cm da cabeça do alfinete e do tórax da abelha de forma rearranjada para evitar desperdício de espaço no caixa, e de forma que as suas estruturas importantes para a identificação ficassem expostas. Após a montagem quando necessário elas foram acondicionadas em estufa de 55 °C entre 4 a 8 horas, adaptado, devido elevada temperatura ambiental da região. E por fim, foram inseridos ao acervo do museu, acompanhados de etiqueta padrão com todas as informações para identificação do indivíduo, além de receber um número de tombo. A identificação foi realizada com base no material da coleção do próprio Museu de Fauna da Caatinga, além do suporte de taxonomistas parceiros. Metodologia de acordo com Silveira (2002).

5.3 ANÁLISE DE DADOS

Foram utilizados os seguintes métodos para processamento dos dados:

5.3.1 Riqueza e Abundância de abelhas observadas durante todas as campanhas para as áreas de amostragem nos cultivos de manga orgânico e convencional

Os dados de abundância e riqueza podem inferir quais dos cultivos apresentaram maior quantidade de indivíduos (abundância), bem como, qual deles possui uma maior variedade de espécies (riqueza).

5.3.2 Correlação linear de Pearson entre essas variáveis com a precipitação das áreas de amostragem nos cultivos de manga orgânico e convencional

A correlação foi feita pelo programa estatístico *BioEstat* 5.0. Tal análise é indicada para medir o grau de associação entre duas ou mais variáveis, de modo que, um dos testes mais utilizados para tal feito é a correlação linear de Pearson, onde o coeficiente de *Pearson* “*r*” varia de -1 a +1, sendo que, quanto mais próximos desses valores, mais forte a associação das variáveis e, quanto mais afastados menor a relação entre as variáveis analisadas. O escore zero desse coeficiente indica ausência de correlação e o percentual de “*p*” levado em consideração é ($p = 0.05 \approx 5\%$) sendo que valores menores ou iguais a “*p*” são significativos e maiores indicam que a associação entre as variáveis é inconclusiva (AYRES, 2007).

5.3.3 Índices de diversidade e dominância de espécies de abelhas amostradas no cultivo de manga orgânico e convencional

A diversidade foi calculada através do software *Past* 4.03 (2020) por meio do índice de *Shannon* que gera um valor de diversidade para cada local, nos quais são utilizados para comparar e/ou verificar quais locais são mais diversos, ou menos diversos, considerando os aspectos da riqueza e equitabilidade (HAMMER *et al.*, 2001).

Para determinar a dominância das espécies entre as áreas fez-se uso do índice de Berger-Parker, através do software *Past* 4.03 (2020). Esse índice tem a capacidade de avaliar a importância proporcional da espécie mais abundante para cada amostra, através da fórmula: $[d = N_{\max}/n]$, sendo, N_{\max} o número de indivíduos da mesma espécie mais abundante e “n” o número total de espécies amostradas.

5.3.4 Curva de Rarefação observada durante todas as campanhas para as áreas de cultivo orgânico e convencional

A curva de rarefação foi determinada através do *EstimateS* Win 9.10. O *EstimateS* apresenta intervalos de confiança de 95%, baseado nas fórmulas analíticas de COLWELL *et al.* (2004; 2012) tanto para a curva de rarefação como para curva do coletor.

A finalidade da curva de rarefação é avaliar se o esforço amostral foi suficiente para representar a riqueza de espécies de cada uma das áreas estudadas (GOTELLI, 2001; 2011).

5.3.5 Curva do coletor observada durante todas as campanhas para as áreas de amostragem dos cultivos de manga orgânico e convencional

As curvas de acumulação foram determinadas também através do *EstimateS* Win 9.10. Essa curva visa inferir sobre a eficiência do número de coletas na representatividade das espécies que ocorrem nas áreas de estudos (COLWELL *et al.*, 2004; 2012).

5.3.6 Similaridade entre as áreas de cultivo de manga orgânico e convencional das áreas amostradas

A similaridade das áreas, foi feita mediante a utilização do índice de similaridade de *Jaccard* (*Software Past* 4.03, 2020). Através dele é possível

determinar o quanto de diferença ou semelhança existem em diferentes áreas (HAMMER *et al.*, 2001).

Para calcular a riqueza estimada e/ou esperada fez-se uso do estimador *Bootstrap* que é capaz de inferir sobre a eficiência do esforço de coleta usado em cada Unidade Amostral (COLWELL *et. al.*, 2004; 2012).

5.3.7 Avaliação temporal das espécies registradas nas unidades amostrais nos cultivos de manga orgânico e convencional

A avaliação temporal foi baseada em uma ordenação seriada que tem como finalidade registrar a presença e/ou ausência das espécies coletadas para cada cultivo e campanha.

Para todas as análises, os resultados foram considerados significativos quando o valor de “p” foi menor ou igual a 0.05 (5%).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE ESPÉCIES DE ABELHAS NO CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL E A RESPECTIVA CORRELAÇÃO ENTRE ESSAS VARIÁVEIS COM A PRECIPITAÇÃO (mm) DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM

A amostragem total de abelhas nas áreas de cultivo de manga orgânico e convencional foi de 1.063 espécimes em 22 espécies distribuídas em três famílias, Apidae, Halictidae e Anthophoridae (Tabela 3). A abundância de abelhas para o cultivo de manga orgânico foi de 722 indivíduos (68%, n = 1063 indivíduos) e de 341 (32%) para manga convencional (Figura 3). Com relação à riqueza, a área com maior número de espécies foi a de cultivo orgânico (n = 15 espécies) para nove espécies registradas no cultivo de manga convencional.

Tabela 2 – Lista de espécies de abelhas amostradas nos cultivos de manga orgânico e convencional, e sua respectiva organização social.

Família	Espécie	Autor	Ano	Cultivo		Organização Social	
				MGC	MGO	Facultativamente social	Social Solitária
Anthophoridae	<i>Alloscirtetica labiatarum</i>	Ducke	1910	0	2		X
Halictidae	<i>Augochlora sp.</i>	Smith	1853	0	6	X	X
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Linnaeus	1758	300	697		X

<i>Ancyloscelis sp.</i>	Letreille	1829	0	1		X	
<i>Centris (Centris) aenea</i>	Lepeletier	1841	0	1		X	
<i>Centris (Centris) caxienseis</i>	Ducke	1907	0	1		X	
<i>Centris (Trachina) fuscata</i>	Lepeletier	1841	0	1		X	
<i>Ceratina muelleri</i>	Friese	1910	0	3		X	
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i>	Spinola	1853	0	1		X	
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i>	Spinola	1853	0	1		X	
<i>Frieseomelitta varia</i>	Lepeletier	1836	2	0	X		
<i>Melissoptila unicolornis</i>	Ducke	1910	0	2		X	
<i>Nannotrigona sp.</i>	Cockerell	1922	4	0	X		
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	Lepeletier	1836	1	0	X		
<i>Plebeia sp.</i>	Schwarz	1902	1	0	X		
<i>Peponapis sp.</i>	Robertson	1938	0	1		X	
<i>Scaptotrigona aff depilis</i>	Moure	1942	30	0	X		
<i>Trigona spinipes</i>	Fabricius	1793	1	1	X		
<i>Xycolopa (Neoxylocopa) frontalis</i>	Olivier	1789	1	0			
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis</i>	Ducke	1910	1	0		X	
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) griseocens</i>	Lepeletier	1841	0	2		X	
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) ordinaria</i>	Smith	1874	0	2		X	
Riqueza			9	15	01	07	14
Nº Total de indivíduos			341	722	6	1037	20

Fonte: autoria própria.

A maior riqueza para o cultivo orgânico pode ser explicada devido ao fato dele contar com uma campanha a mais de coleta, em razão da irregularidade e falta de sincronicidade de florações entre os cultivos de manga orgânico e convencional. Nos cultivos do tipo orgânico, de maneira geral, não ocorrem induções químicas para

floração, quando há indução, ela é mecânica e se dá através da poda, cuja resposta será sempre em função da precipitação local (CORDEIRO, 2020).

Autores como Kiill e Siqueira (2012), também encontraram maior riqueza de espécies para o cultivo orgânico de manga. Torezani (2015) em cultivo de abobreira também encontrou maior riqueza e abundância de espécies para o cultivo orgânico.

Das 22 espécies coletadas, *Apis mellifera* foi a mais abundante, com 997 espécimes amostrados, representando 94% do total amostrado, e as demais espécies em conjunto representaram 6% do total de indivíduos coletados (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Abundância (%) de espécies de abelhas em cultivo de manga orgânica e convencional.



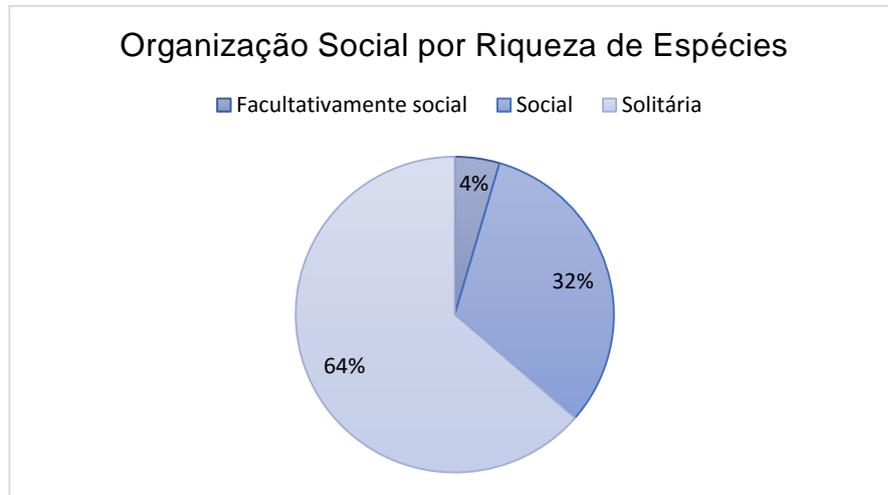
Fonte: autoria própria.

A maior abundância de *Apis mellifera* em ambos os cultivos pode estar associado ao uso de caixas racionais alocadas dentro das fazendas para a polinização assistida.

Penna (2013), ao estudar a comunidade de abelhas dentro e no entorno do pomar de maçã obteve uma riqueza total de 88 morfoespécies sendo *A. mellifera* também a espécie mais abundante em todas as unidades amostrais (n= 102), seguidas de outras quatro espécies: *Exomalopsis auropilosa*, *Exomalopsis analis*, *Oxaea* sp1, *Dialictus* sp1 e *Ceratina* sp1.

Do valor total da riqueza de espécies (n=22), 14 (64%) são de espécies solitárias, 7 (32%) representam espécies sociais e apenas uma (4%) corresponde a organização do tipo facultativamente social (Tabela 2 e Gráfico 4).

Gráfico 4 – Organização social (%) das espécies amostradas nas áreas de cultivo de manga orgânica e convencional.



Fonte: autoria própria.

O maior índice de riqueza das espécies solitárias (64%) (Gráfico 4), se deve ao fato delas representarem o grupo de maior representatividade dentre as abelhas, cerca de 80%. Outro ponto relevante é que essas abelhas apresentam características evolutivas que favorecem a sua permanência nos mais variados tipos de ambientes e/ou estação do ano, para Caatinga - período seco ou chuvoso, visto que, fatores abióticos podem não representar forte influência nas dinâmicas das suas populações devido ao fato de serem nativas, e portanto, adaptadas às variações naturais dos ambientes onde vivem (GIULIETTI *et al.*, 2004; ALVES *et al.* 2012; SILVA C. *et al.*, 2014).

Já a alta abundância das espécies sociais ($n = 1.037 - 97,5\%$) (Gráfico 4), com relação aos demais grupos, segundo Roubik (1989) pode ser explicada justamente pelo seu tipo de comportamento social, sua alimentação generalista e perpetuidade das colônias, com enfoque ao seu estilo de comportamento, que possibilitam as essas abelhas, capacidade de veicular para as outras operárias quais são os locais mais ricos em recurso alimentar naquela determinada área, além de normalmente disporem de colônias superpopulosas, contribuindo para mais indivíduos por flor visitada (LINDAUER; KERR, 1960; SAKAGAMI *et al.*, 1967). No entanto, por exemplo, a *Apis mellifera*, de acordo com Oliveira e Cunha (2005) não é uma espécie encontrada em regiões com elevadas taxas de umidade relativa.

Resultados semelhantes, referentes a maior ocorrência de abelhas solitárias, também foram observados por Andrade (2014), ao realizar o monitoramento de cultivo de cajueiro próximo a áreas de fragmentos vegetais. Neste estudo, o autor levantou 50 espécies (81%) não sociais (assim denominadas por eles) e oito espécies sociais (19,18%), sendo as abelhas *Melitoma aff. segmentaria* (17,25%) e *Trigona spinipes* (10,76%) as mais abundantes.

Alves *et al.* (2012) ao estudarem a influência dos fatores abióticos sobre o forrageamento de abelhas, registraram menor riqueza de espécies solitárias 34% (n=278 indivíduos) sendo os outros 64% (n=539 indivíduos) de *Apis mellifera*, do total geral coletado (n=817 indivíduos), diferindo dos resultados apresentados por esse trabalho, mas fortificando a alta adaptação da *A. mellifera* a diferentes ambientes.

Ao correlacionar os parâmetros testados, abundância e riqueza, com a precipitação mensal, foram obtidos os seguintes resultados: a correlação entre riqueza vs. precipitação acumulada mensal para o cultivo orgânico foi de $r = -0.6821$ ($p = 0.5166$); e de $r = -0.2978$ ($p = 0.9713$) para o cultivo convencional. Já em relação a abundância vs. precipitação, a correlação foi de $r = -0.0169$ ($p = 0.0914$) para o cultivo convencional e de $r = -0.6821$ ($p = 0.2558$) para o cultivo orgânico (Tabela 3). Com valores de “p” acima de 0.05 (5%) as análises mostram que não há correlação significativa entre as variáveis testadas (Tabela 3, Gráficos 5 e 6).

Tabela 3 – Índice de correlação de Pearson e p-valor para cada variável resposta (riqueza, abundância vs. precipitação), para os cultivos de manga orgânica e convencional (p-valor > 0.05)

Variável resposta	Cultivo Orgânico		Cultivo Convencional	
	r(Pearson)	(p)	r(Pearson)	(p)
Riqueza	-0.6821	0.5166	-0.2978	0.9713
Abundância	-0.6821	0.0914	-0.0169	0.2558

No entanto, além da precipitação, existem outros fatores que podem causar interferência nesses resultados, influenciando nas dinâmicas populacionais dessas abelhas, como por exemplo, algumas práticas de manejo, que difere a depender do cultivo, visto que, esses métodos utilizadas ao longo do tempo visam principalmente inferir sobre os efeitos que as variáveis climáticas têm sobre o desenvolvimento de cada cultura (TEIXEIRA; LIMA-FILHO, 2004; CORDEIRO, 2020).

Algumas práticas utilizadas pelos produtores, como manejo sustentável do solo, controle de irrigação, não utilização de produtos químicos (cultivo orgânico) ou uso de agroquímicos de menor impacto ambiental (cultivo convencional) entre outros fatores têm como objetivo principal reduzir ou redirecionar os impactos ambientais a favor do crescimento vegetativo da cultura alvo visando o melhor desenvolvimento do plantio (TEIXEIRA; LIMA-FILHO, 2004).

No entanto, pode acontecer de que essas práticas se exercidas de forma indiscriminada, causem maiores efeitos em determinadas épocas do ano, o que pode vir a interferir positiva ou negativamente sobre o desenvolvimento do cultivo, excepcionalmente, em épocas cujo a exigência nutricional das plantas é maior, sendo necessário a ampliação dos cuidados com manejo utilizado, uma vez que, resultados positivos contribuem para um cultivo mais saudável, e sendo assim, maior oferta de alimento para as populações de polinizadores, e efeitos negativos contribuem com déficit de desenvolvimento do cultivo e conseqüentemente menor disponibilidade de recurso alimentar para fauna que dele depende (TEIXEIRA; LIMA-FILHO, 2004; CORDEIRO, 2020).

Outro ponto relevante é que a ausência de correlação entre as variáveis não é parâmetro para afirmar que os fatores ambientais não exerçam influência sobre o recurso alimentar dessas abelhas, pelo contrário, as plantas de maneira geral têm seu crescimento e desenvolvimento afetados mediante interferências do meio, mas cada cultura é afetada de uma maneira diferente, mas o fato é que, independentemente do nível de interferência, essas variáveis influenciam na floração das plantas, excepcionalmente no período chuvoso, o que por conseqüência afeta a disponibilidade de recurso, causando por exemplo, uma sincronia no período de florescimento da *M. indica* com o de plantas ao redor, o que pode interferir na frequência de visitas dos polinizadores que cultura recebe, caso ela dê preferência a outras espécies vegetais (WASER; PRICE, 1991).

Recomenda-se para estudos futuros a coleta de outros dados climáticos como umidade relativa do ar, velocidade do vento, dada a irregularidade espacial de chuvas na região do Vale do São Francisco, uma vez que, esses fatores podem influenciar nos resultados (os valores de precipitação mensal de cada município podem não corresponder ao valor da precipitação local da unidade amostral), pois são também

muito importantes na hora de correlacionar os impactos ambientais com a abundância e riqueza de espécies de uma determinada área amostral (GIANNINI, *et al.*, 2012).

Comprovando a influência desses fatores, Alves (2014) ao comparar a diversidade de abelhas e vespas em diferentes unidades de cultivos observou que a riqueza e abundância de espécies aumentaram em decorrência de fatores ambientais.

6.2 ÍNDICES DE DIVERSIDADE E DOMINÂNCIA DE ESPÉCIES DE ABELHAS AMOSTRADAS NO CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL

O cultivo de manga convencional apresentou maior diversidade ($H' = 0.4943$) em relação ao cultivo orgânico ($H' = 0.2348$). A equitabilidade foi maior no cultivo convencional ($J' = 0.2250$) do que no cultivo orgânico ($J' = 0.0867$). E, o índice de dominância foi semelhante para as duas áreas, cujos valores variaram entre ($d = 0.9654$) para o cultivo orgânico e ($d = 0.8798$) para o convencional (Tabela 4).

Tabela 4 – Índices de Diversidade e Riqueza da amostragem de abelhas nas áreas de cultivo de manga orgânico e convencional.

Estimadores	MGC	MGO	ÁREA TOTAL
Riqueza (S)	9	15	22
Shannon (H')	0.4943	0.2348	0.3706
Equitability (J')	0.2250	0.0867	0.1199
Berger-Parker (d)	0.8798	0.9654	0.9379

Legenda: MGO = cultivo orgânico; MGC = cultivo convencional.

De modo geral os índices de diversidade foram baixos, pois, de acordo com Begon *et al.* (1996) o índice de Shannon assume valores que podem variar de 0 a 5, e que o declínio desses valores é o resultado de uma maior dominância de grupos em detrimento de outros, a espécie exótica e alóctone no Brasil, *Apis mellifera* foi responsável por esta dominância tanto nos cultivos de manga orgânico quanto no convencional (Gráfico 2).

O local onde as unidades amostrais estão inseridas podem ter causado interferências sobre esses índices, uma vez que, a localização diz muito sobre o entorno do cultivo, sendo que quanto mais rico esse entorno (do ponto de vista da diversidade de plantas nativas) maior é a disponibilidade de recursos (água, alimento e nichos), no entanto, há uma possibilidade da *M. indica* e das plantas do entorno coincidirem seu período de floração, o que pode por ventura induzir os polinizadores a visitarem mais outras plantas que não a manga, uma vez que, a morfologia floral da

mangueira é complexa, o que faz com que as abelhas precisem visitar muitas vezes suas flores para obter um quantidade suficientemente boa de alimento, que em outras plantas elas não precisam se esforçar tanto (GILLER, 1984; PINTO *et al.*, 2002).

O cultivo orgânico teve maior riqueza ($n=15$) e abundância (722 indivíduos), no entanto, é uma área rodeada por paisagens antropizadas, sem fragmentos remanescentes de Caatinga, longe de recursos hídricos naturais, logo, esses fatores podem reduzir as opções de recursos externos, limitando os recursos das abelhas e outros polinizadores, o que fez com que houvesse uma procura maior pela manga. Diferente do cultivo convencional, que apresenta uma boa disponibilidade de recurso externo, além do que, o pico de floração de outras espécies vegetais podem ter coincidido com a da manga na época de coleta, dando mais opções de recursos as abelhas que podem ter optado por outras fontes de alimentos, visto que, esse cultivo apresentou baixos índices de riqueza ($n=9$) e abundância (341 indivíduos).

O cultivo convencional se mostrou mais uniforme ($J' = 0.2250$), que o cultivo orgânico ($J' = 0.0867$), o que pode ser explicado pelo fato de que a diversidade também foi maior no convencional, o que segundo Ayres (2007), os valores de equitabilidade são proporcionais aos valores de diversidade, logo, uma área com maior diversidade tem melhor distribuição de espécies.

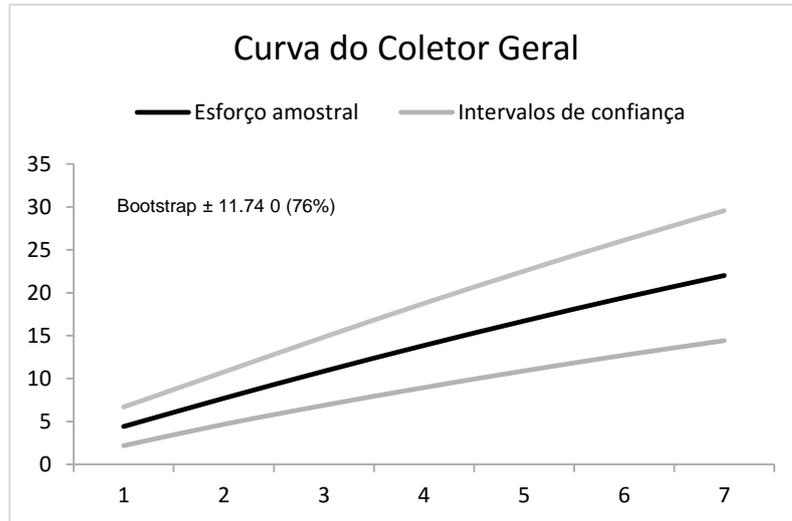
A maior riqueza de espécies no cultivo orgânico pode estar associada ao melhor tipo de manejo e principalmente a não utilização de agroquímicos, pois, segundo Kiill e Siqueira (2012), ao compararem cultivo de manga orgânico com convencional na cidade de Petrolina (PE), foi possível observar que a aplicação indiscriminada de agroquímicos diminuiu a constância e a diversidade dos principais polinizadores no cultivo convencional. Santos e Nascimento (2011), ao estudarem a apifauna presente em cultivos orgânicos e convencionais de tomate, também observaram maiores índices de riqueza em áreas de cultivo orgânico ($n= 19$) do que no convencional ($n= 15$) e como justificativa também associaram o uso de agroquímicos colaborando com a redução da Entomofauna.

6.3 CURVA DO COLETOR OBSERVADA DURANTE TODAS AS CAMPANHAS PARA AS ÁREAS DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL

A curva do coletor gerada a partir dos dados totais (cultivos orgânico e convencional) não tendeu a formação de uma assíntota, de maneira que, pelo menos

77% do que era esperado foi coletado de acordo com o estimador *Bootstrap* (Figura 4). Tal resultado indica que o incremento do esforço amostral pode levar ao aumento no número de espécies amostradas.

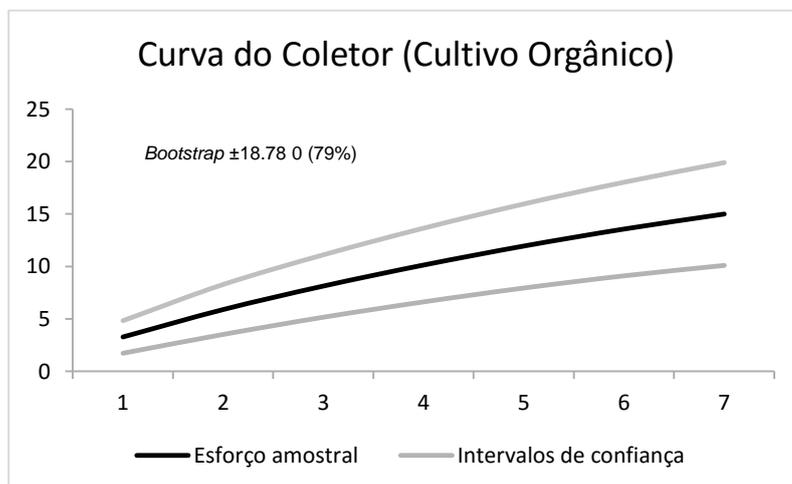
Figura 4 – Curva de acúmulo de espécies observadas durante todas as campanhas para as áreas de cultivo orgânico e convencional.



Fonte: autoria própria.

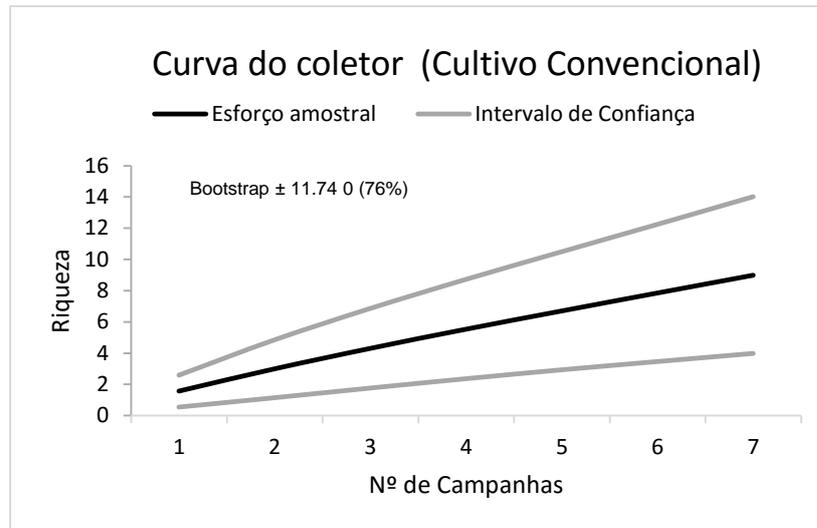
Quando avaliadas separadamente, no cultivo orgânico a curva também não tendeu a formação de uma assíntota, com 79% de espécies amostradas, de acordo com o estimador *Bootstrap* (Figuras 5). De forma semelhante foi o resultado para curva do coletor do cultivo convencional, cujo percentual foi de 76% do esperado para o esforço amostral despendido (Figuras 6).

Figura 5 – Curva de acúmulo observada durante todas as campanhas para o cultivo orgânico.



Fonte: autoria própria.

Figura 6– Curva de acúmulo observada durante todas as campanhas para o cultivo convencional.



Fonte: autoria própria.

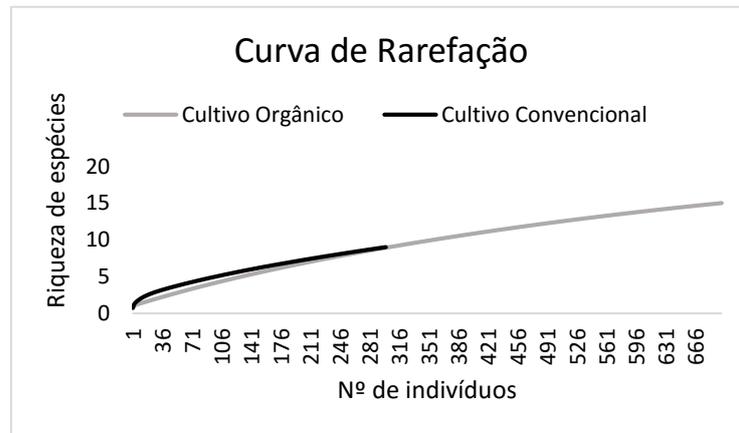
Nenhuma das curvas mostrou tendência a formação de assíntota, pelo contrário, elas se mostram em ascensão. Com base na frequência de ocorrência das espécies, o estimador *Bootstrap* calculou a possibilidade de encontrarmos pelo menos mais seis novas espécies para área total (Figura 4), quatro novas espécies para o cultivo orgânico (Figura 5) e três novas espécies para o cultivo convencional (Figura 6), caso o esforço amostral fosse maior.

Ao comparar com outros estudos da região, os valores de espécies registrados nesse trabalho (22 espécies) mostraram-se superiores, uma vez que, os trabalhos já publicados sobre o cultivo de manga orgânico ou convencional não excede o total de 5 espécies de abelhas registradas (SIQUEIRA *et al.*, 2008; MALERBO-SOUZA; HALAK; 2009; KIILL; SIQUEIRA, 2012; SANTOS; KIILL, 2014).

6.4 CURVA DE RAREFAÇÃO OBSERVADA DURANTE TODAS AS CAMPANHAS PARA AS ÁREAS DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL

A curva de rarefação demonstra que o pico de espécies amostradas foi atingido quando o número de indivíduos coletados chegou a 300 (Figura 7).

Figura 7 – Curva de rarefação observada durante todas as campanhas para as áreas de cultivo orgânico e convencional.



Fonte: autoria própria.

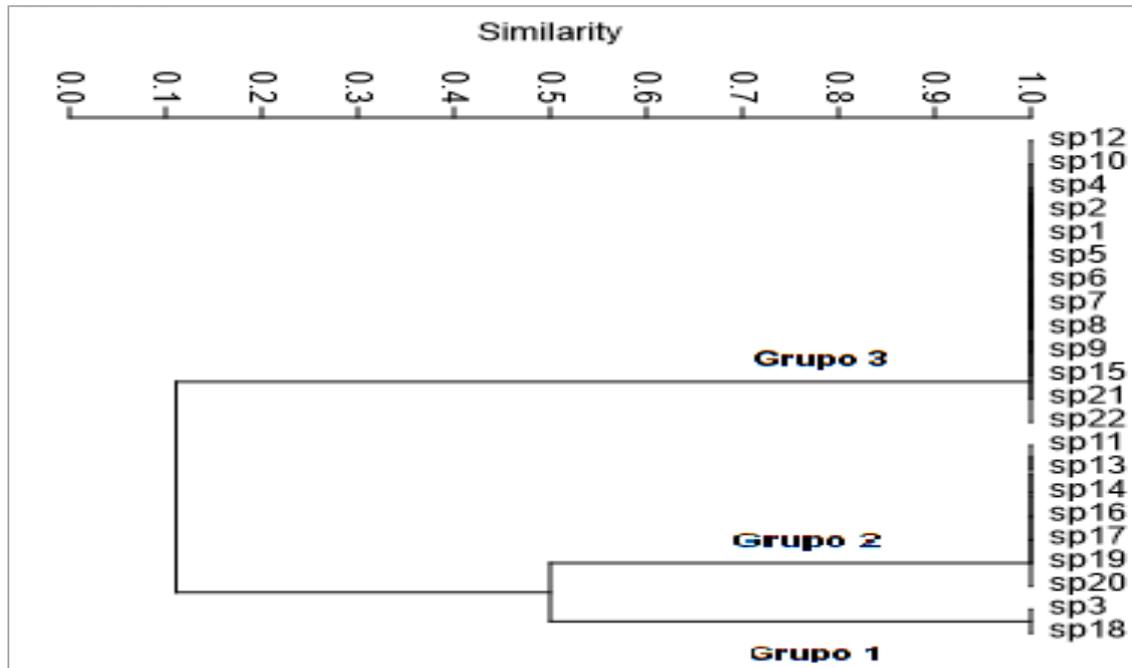
Esse resultado indica que a riqueza de espécies provavelmente será a mesma, ou com baixa tendência ao aumento, caso o número de indivíduos coletados fosse maior, em ambas as áreas. No entanto, a curva mostra que o cultivo orgânico obteve maior riqueza que o convencional, confirmado pelo estimador de riqueza *Bootstrap* e pela interpretação da curva do coletor.

Santos e Nascimento (2011) observaram que em ambos os cultivos de tomate (orgânico e convencional) a curva de rarefação também foi maior no cultivo orgânico.

6.5 SIMILARIDADE ENTRE AS ÁREAS DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL

A análise de similaridade mostra que dentre as espécies coletadas, apenas duas foram comuns às duas áreas, *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* (grupo 1- Figura 8); essa presença em comum nos dois cultivos está associado, segundo Klein *et al.* (2007), ao fato dessas duas espécies de abelhas serem as que mais visitam as flores de manga.

Figura 8 – Dendrograma representando a similaridade entre as áreas de cultivo orgânico e convencional.



Espécies que apareceram em ambos os cultivos (1); Espécies presentes apenas no cultivo convencional (2) e Espécies presentes apenas no cultivo orgânico (3). *Alloscirtetica labiatarum* (Sp1); *Augochlora* sp.(Sp2); *Apis mellifera* (Sp3); *Ancyloscelis* sp.(Sp4); *Centris (Centris) aenea* (Sp5); *Centris (Centris) caxienses* (Sp6); *Centris (Trachina) fuscata* (Sp7) *Ceratina muelleri* (Sp8); *Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa*(Sp9); *Exomalopsis (Exomalopsis) analis*(Sp10); *Frieseomelitta varia* (Sp11); *Melissoptila unicolornis* (Sp12); *Nannotrigona* sp. (Sp13); *Nannotrigona testaceicornis* (Sp14); *Peponapis* sp.(Sp15); *Scaptotrigona aff depilis* (Sp16); *Trigona spinipes* (Sp17); *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis* (Sp18); *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis* (Sp19); *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens* (Sp20); *Xylocopa (Neoxylocopa) ordinária* (Sp21); *Plebeia* sp.(Sp22). Fonte: autoria própria.

As unidades amostrais se mostraram bem diferentes, tendo em vista, o número de espécies exclusivas que cada área apresentou. Os índices de similaridade *Jaccard* (0.13636364) e dissimilaridade *Morisita* (0.991011), mostram essa diferença entre os cultivos. O cultivo convencional teve um total de 7 espécies exclusivas: *Frieseomelitta varia*; *Nannotrigona* sp.; *Nannotrigona testaceicornis*; *Plebeia* sp.; *Scaptotrigona aff depilis*; *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis* e *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis* (Grupo 2- Figura 8).

Já o cultivo orgânico apresentou 13 espécies exclusivas: *Alloscirtetica labiatarum*; *Augochlora* sp.; *Ancyloscelis* sp.; *Centris (Centris) aenea*; *Centris (Centris) caxienses*; *Centris (Trachina) fuscata*, *Peponapis* sp.; *Ceratina muelleri*; *Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa*; *Exomalopsis (Exomalopsis) analis*; *Melissoptila unicolornis*; *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens* e *Xylocopa (Neoxylocopa) ordinária* (grupo 3- Figura 8).

A diferença entre o número de espécies e o total de indivíduos entre as áreas de cultivos, pode ter ocorrido, devido ao fato de que o cultivo convencional (Belém do São Francisco) sofre forte influência do rio, dado a sua proximidade de apenas 1.27 km² (Figura 9), além de contar com a presença fragmentos de vegetação nativa mais conservadas, fazendo com que esse entorno se torne mais atrativo e talvez mais abundante que a manga, principalmente porque o período de floração da flora melitófito coincidiram com o pico de floração nos cultivos de manga (fevereiro e março) (LORENZON, 2003).

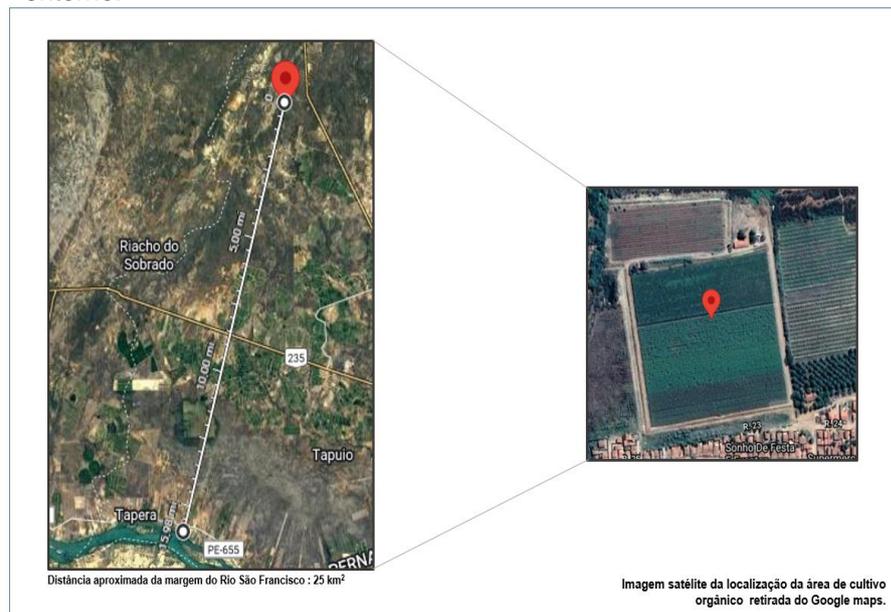
Figura 9 – Imagem satélite da localização do cultivo convencional em Belém do São Francisco (PE) e sua respectiva distância do rio e característica do entorno.



Fonte: google maps.

Já a área de cultivo orgânico (Petrolina) é mais distante do rio (aprox. 25 km²), e sem área de caatinga preservada ao redor, além de ser circundada por outras propriedades agrícolas (devido sua localização em área rural projetada, especialmente para produção agrícola) (Figura 10), o que fazem com que esses cultivos sejam a fonte de recurso mais próxima dessas abelhas, além de serem mais atrativos que os cultivos convencionais ao redor pelo fato de não fazerem uso de agroquímicos, colaborando para que a Apifauna da região acabem por visitar mais a manga do cultivo orgânico.

Figura 10 – Imagem satélite da localização do cultivo orgânico em Petrolina (PE) e sua respectiva distância do rio e característica do entorno.



Fonte: google maps.

Os resultados desse trabalho mostram que o cultivo convencional que é a área com entorno mais conservado foi curiosamente a com menor abundância e riqueza de espécie, diferente dos resultados encontrados por SIQUEIRA *et al.*, (2008), também na *Mangifera indica*, que encontrou maiores valores de riqueza e diversidade para áreas de cultivo orgânico, porém essas áreas também apresentavam um entorno rico e conservado, reforçando a ideia que, um manejo aliado a boas práticas resultam em melhores resultados, e que apenas um bom entorno sem boas práticas de manejo por si só não são suficientes.

Uma hipótese plausível para esse resultado é justamente por conta do tipo de manejo, o cultivo orgânico mesmo não apresentado um bom design no entorno é o cultivo que oferece menores impactos a apifauna presente, principalmente pelo não uso de agroquímicos (SIQUEIRA *et al.*, 2008; KIILL; SIQUEIRA, 2012).

De forma que o uso de agrotóxicos e herbicidas, comprovadamente afetam as populações de polinizadores, no caso do primeiro, de forma direta, afetando entre outras funções a capacidade de forrageamento dessas abelhas, e no caso do segundo de forma indireta, provocando a redução drástica de plantas daninhas que florescem nas margens dos cultivos, que além de atrativas, são importantes fontes de recurso

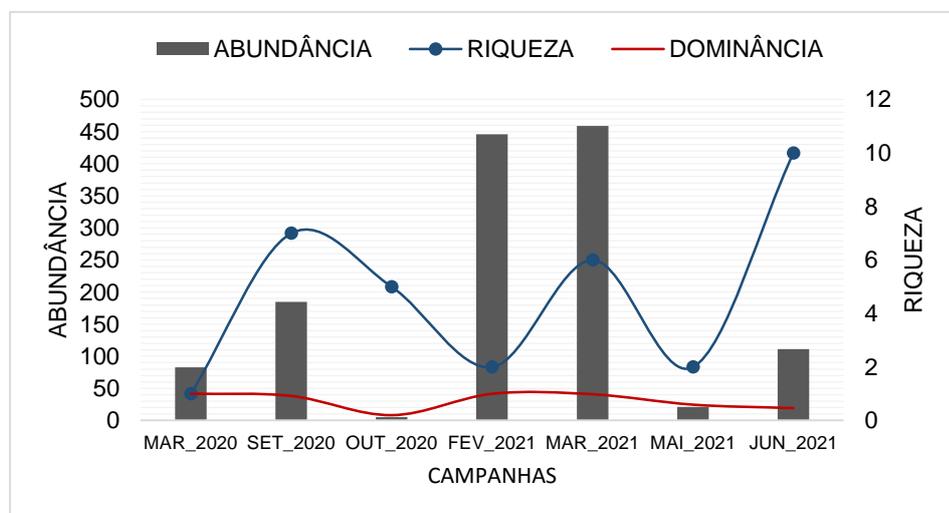
alimentar para esses insetos, logo, danos a essa vegetação secundária podem gerar um déficit alimentar e conseqüentemente reduzir a diversidade de visitantes florais das culturas agrícolas (MALASPINA *et al.*, 2008; JOHNSON, *et al.*, 2010; ROSA, 2019).

Alves (2014) ao estudar o efeito da interação do padrão de cultivo e das diferentes escalas de uma paisagem agrícola sobre a diversidade de vespas e abelhas, encontrou maior similaridade em números de espécies e total de indivíduos entre as áreas de cultivos com melhores práticas de manejo e quando próximas a fragmentos florestais, reforçando que um manejo de menor impacto ambiental associado a conservação de áreas de entorno são fatores decisivos quanto a ocorrência de polinizadores nos cultivos agrícolas.

6.6 AVALIAÇÃO TEMPORAL DAS ESPÉCIES DA REGISTRADAS NAS UNIDADES AMOSTRAIS

Ao comparar os registros de riqueza e abundância entre os períodos seco e chuvoso foi possível notar que há sim influência da precipitação, uma vez que, houveram picos nesses valores no período chuvoso (1.009 espécimes) com destaque para os meses de fevereiro e março de 2021, e para riqueza quando no período seco (22 espécies), já dominância manteve um padrão de uniformidade em basicamente todos os períodos de coletas (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Variação temporal das populações de abelhas amostradas nos cultivos convencional e orgânica com destaque para flutuação dos valores de abundância, riqueza e índices de dominância por campanha.



Fonte: autoria própria.

Reforçando, mais um vez que, para estudos futuros sejam coletados dados climatológicos das próprias unidades amostrais para que assim se tenha dados mais precisos.

Essa alta abundância (Gráfico 7) no período chuvoso é praticamente toda voltada para as espécies sociais, e que pode ser explicada, segundo Lorenzon *et al.* (2003), porque espécies com esse tipo de comportamento são mais interativas, além também pelo pico na floração neste período que reflete a maior disponibilidade de alimento o que possibilitou maior número de coletas.

Resultado semelhante foi o encontrado em uma área de cultivo agroflorestal no cerrado, onde a maior riqueza de espécies foi no período seco (abril a julho), no entanto, a abundância se manteve alta também nesse período quando comparada aos meses mais úmidos (SOARES, 2009).

A riqueza e abundância ao longo das sete campanhas variaram da seguinte forma, C1: *Apis mellifera*; C2: *A. mellifera* *Ceratina muelleri*, *Melissoptila unicoloris*, *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens*, *Xylocopa (Neoxylocopa) ordinaria*, *Alloscirtetica labiatarum*, *Exomalopsis (Exomalopsis) analis*; C3: *A. labiatarum*, *X. (Neoxylocopa) grisescens*, *M. unicoloris*, *A. mellifera* e *C. muelleri*; C4: *A. mellifera* e *Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis*; C5: *A. mellifera*, *Trigona spinipes*, *Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa*, *Peponapis sp.*, e *Ancyloscelis sp.* e *Centris (Centris) aenea*; C6: *A. mellifera* e *Augochlora sp.*; e C7 *A. mellifera*; *Scaptotrigona aff depilis*, *Nannotrigona sp.*, *T. spinipes*; *Frieseomelitta varia*, *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis*, *Centris (Centris) caxiensis*, *Centris (Trachina) fuscata*, *Nannotrigona testaceicornis* (Quadro 1).

Quadro 1 – Ordenação seriada utilizando uma matriz de presença e ausência das espécies registradas nas unidades amostrais dos cultivos orgânico e convencional.

Espécies	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
<i>Apis mellifera</i>	■	■	■	■	■	■	■
<i>Scaptotrigona aff depilis</i>							■
<i>Augochlora sp.</i>						■	
<i>Nannotrigona sp.</i>							■

<i>Ceratina muelleri</i>		■	■				
<i>Melissoptila unicoloris</i>		■	■				
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i>		■	■				
<i>Trigona spinipes</i>					■		■
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) ordinaria</i>		■					
<i>Alloscirtetica labiatarum</i>		■	■				
<i>Frieseomelitta varia</i>							■
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i>							■
<i>Centris (Centris) caxienses</i>							■
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i>		■					
<i>Centris (Trachina) fuscata</i>							■
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i>					■		
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>							■
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis</i>				■			
<i>Peponapis sp.</i>					■		
<i>Centris (Centris) aenea</i>					■		
<i>Plebeia sp.</i>							■
<i>Ancyloscelis sp.</i>					■		

A numeração de C1 a C7 é referente as campanhas realizadas nos cultivos de manga orgânica e convencional nos anos de 2020 a 2021. 1 (março-2020); 2 (setembro-2020); 3 (outubro-2020); 4 (fevereiro-2021); 5 (março-2021); 6 (maio-2020); 7 (junho-2020). A cor preta indica a presença daquela espécie naquele período de coleta. Fonte: autoria própria.

O cultivo orgânico teve sua distribuição de espécie (n = 15) em 6 das sete campanhas amostradas (Quadro 2), já a distribuição no cultivo convencional (n= 9) as coletas aconteceram em 3 das sete campanhas (Quadro 3).

De modo geral a distribuição das espécies ao longo do tempo não apresentou muita variação, baixa abundância (média de 1 a 2 indivíduos por espécie), o que é

relevante, tendo em vista que, a maioria eram de espécies solitárias, entre as poucas espécies sociais *A. mellifera* foi a que melhor se distribuiu em quase todas as campanhas.

Quadro 2 – Ordenação seriada utilizando uma matriz de presença e ausência das espécies registradas nas unidades amostrais para o cultivo orgânico.

Espécies	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
<i>Apis mellifera</i>	■	■	■		■	■	
<i>Scaptotrigona aff depilis</i>							
<i>Augochlora sp.</i>						■	
<i>Nannotrigona sp.</i>							
<i>Ceratina muelleri</i>		■	■				
<i>Melissoptila uncicornis</i>		■	■				
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) griseascens</i>		■	■				
<i>Trigona spinipes</i>					■		
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) ordinária</i>		■					
<i>Alloscirtetica labiatarum</i>		■	■				
<i>Frieseomelitta varia</i>							
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i>							
<i>Centris (Centris) caxienses</i>							■
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i>		■					
<i>Centris (Trachina) fuscata</i>							■
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i>					■		
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>							
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis</i>					■		
<i>Peponapis sp.</i>					■		
<i>Centris (Centris) aenea</i>					■		

<i>Plebeia sp.</i>							
<i>Ancyloscelis sp.</i>							

Os números representam o total de campanhas, sendo os números C1, C2, C3, C5, C6 e C7 o representativo dos meses de coleta para o cultivo manga orgânica nos anos de 2020 a 2021. 1(março-2020); 2(setembro-2020); 3(outubro-2020); 4(fevereiro-2021); 5(março-2021); 6(maio-2020); 7(junho-2021). A cor preta indica a presença daquela espécie naquele período de coleta. Fonte: autoria própria.

Quadro 3 – Ordenação seriada utilizando uma matriz de presença e ausência das espécies registradas nas unidades amostrais para o cultivo convencional.

Espécies	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
<i>Apis mellifera</i>							
<i>Scaptotrigona aff depilis</i>							
<i>Augochlora sp.</i>							
<i>Nannotrigona sp.</i>							
<i>Ceratina muelleri</i>							
<i>Melissoptila unicoloris</i>							
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i>							
<i>Trigona spinipes</i>							
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) ordinária</i>							
<i>Alloscirtetica labiatarum</i>							
<i>Frieseomelitta varia</i>							
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i>							
<i>Centris (Centris) caxienses</i>							
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i>							
<i>Centris (Trachina) fuscata</i>							
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i>							
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>							

<i>Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis</i>				■			■
<i>Peponapis sp.</i>							
<i>Centris (Centris) aenea</i>							
<i>Plebeia sp.</i>							■
<i>Ancyloscelis sp.</i>							

Os números representam o total de campanhas, sendo os números C1, C4 e C7 o representativo dos meses de coleta para o cultivo manga convencional nos anos de 2020 a 2021. 1 (março-2020); 2 (setembro-2020); 3 (outubro-2020); 4 (fevereiro-2021); 5 (março-2021); 6 (maio-2020); 7 (junho-2021). A cor preta indica a presença daquela espécie naquele período de coleta. Fonte: autoria própria.

A predominância de *Apis mellifera* em todas as campanhas têm relação com seu elevado nível de adaptação a todos os tipos de ambientes (naturais, urbanos e agrícolas) (OLIVEIRA; CUNHA, 2005). Kiill e Oliveira (2012), também evidenciaram elevado índice dessa espécie tanto no período chuvoso como no seco, com frequência em todas as campanhas de coleta, reforçando a ideia de que esta espécie está bem adaptada às condições climáticas da região do Vale do São Francisco.

Outro fator que pode explicar a considerável predominância dessa espécie, é o uso de caixas racionais em ambos os cultivos, uma atividade que está se tornando cada vez mais comum entre os produtores, expandido seu uso para além da produção de mel. A *A. mellifera* por ser uma espécie de fácil adaptação é a mais utilizada nos processos de polinização assistida por pequenos e grandes produtores Sul (IMPERATRIZ-FONSECA, 2004). Mas, além disso, Kiill e Siqueira (2014) destacam a importância dessa espécie na polinização de duas variedades da manga (Tommy Atkins e Haden), uma vez que, essas abelhas dentre os outros visitantes florais, é a única capaz de coletar néctar e pólen (indispensável para que se ocorra a reprodução).

Nos últimos anos, os produtores têm usado as abelhas introduzidas nas culturas agrícolas como bioinsumos de fundamental importância para a produção. Essa prática já é comum em culturas de melão e maçã nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul (IMPERATRIZ-FONSECA, 2004).

Fora do Brasil a introdução de abelhas para polinização de cultivos é ainda mais comum e com utilização bem mais avançada, fora o uso da *A. mellifera*, outras

abelhas também são utilizadas como é o caso das mamangavas de solo do gênero *Bombus*, com destaque para *Bombus terrestris* utilizadas em cultivos de tomate, berinjela e pimentão. Os zangões dessas espécies são polinizadores altamente valorizados em todo o mundo devido a agregação dos seus serviços para valoração da produção agrícola. Além de *Bombus*, os gêneros *Megachile* e *Osmia* também são bem vistos na produção agrícola internacional, reforçando a importância de maiores investimentos para práticas que visem a conservação dessas espécies solitárias (BOSCH, *et al.*, 2000; GOULSON, 2003; VELTHUIS; VAN DOORN, 2006; PITTS-SINGER; CANE, 2011).

Das espécies encontradas ao longo de todas as campanhas, a *Apis mellifera* é a mais comum em diversos cultivos por ser uma espécie altamente generalista e de fácil adaptação, como já citado. Outras espécies levantadas nesse trabalho, como as mamangavas carpinteiras do gênero *Xylocopa*, são importantes polinizadoras do maracujá e de boa relevância para o cultivo de abóbora. As espécies do gênero *Trigona* por terem sua morfologia e comportamento compatíveis com as flores da mangueira, são altamente indicadas para essa cultura. As espécies do gênero *Centris* representam os principais polinizadores da acerola, e as demais espécies são visitantes florais e/ou polinizadores comuns a cultivos como abobrinha, açaí, morango, café, pera, girassol, melancia, soja, algodão, coco e gergelim (ROCHA, 2012; KIILL; SIQUEIRA, 2014; KLEIN, *et al.*, 2020).

Nos estudos realizados sobre os principais polinizadores da manga, os dípteros ainda são os mais abundantes, no entanto, com o aumento de estudos cujo o foco é levantar a riqueza nos diferentes tipos de cultivos, a quantidade de espécies de abelhas têm se mostrado cada vez mais em alta para essa cultura, o que antes era limitado a uma ou duas espécies (normalmente sendo espécies manejadas), a diversidade de espécies de abelhas visitantes de polinizadoras da *M. indica* vêm sendo cada vez mais revelada, a presença de *Apis mellifera*, *Trigona sp.*, *Trigona spinipes*, *Xylocopa sp.*, *Frieseomelitta doederleini*, *Melipona mandacaia* e *Tetragonisca angustula* encontradas na manga foram registradas nos últimos estudos para região do vale do São Francisco (MALERBO-SOUZA; KIILL; SIQUEIRA 2012; HALAK, 2009; SANTOS KIILL, 2014), além agora, do levantamento de espécies já apresentado nesse trabalho.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho levantou a maior riqueza e diversidade de espécies de abelhas, 22 espécies, como visitantes florais da *Mangifera indica* até o presente momento. Dentre as espécies *Apis mellifera* (1.009 indivíduos) foi predominante.

Os dados levantados mostram que não houve correlação entre os valores de abundância, riqueza e precipitação, logo, reforça-se a importância da realização de mais estudos voltados para avaliação dos efeitos ambientais sobre as populações de abelhas em áreas de cultivos agrícolas.

A similaridade entre os cultivos foi baixa com apenas duas espécies comuns entre as áreas, sendo elas a *A. mellifera* e *Trigona spinipes*. E o período seco registrou maior riqueza de espécies ao longo de todas as campanhas (n=22).

O cultivo convencional apresentou os menores índices, o que pode ter sido provocado pelo uso de agroquímicos, uma vez que, uso indiscriminado dessas substâncias é responsável por reduzi consideravelmente a visita de polinizadores e visitantes florais, além de prejudicar flora do entorno.

Sendo assim, esse trabalho reforça a importância dos polinizadores para o cultivo agrícola seja ele convencional, orgânico ou tradicional, visto que, seus resultados mostraram um elevado número de abelhas como visitantes florais da *M. indica*, especialmente de espécies solitárias (n= 14), que segundo estudos elas são espécies bastante promissoras para agricultura.

É sugerido práticas que visem a conservação das áreas do entorno, além de boas práticas de manejo, pois aliadas elas podem garantir a conservação de abelhas nativas e manejadas.

Além disso, esse trabalho intensifica os bons resultados da utilização de espécies manejadas, mostrando o quanto polinização é essencial qualitativa e economicamente falando, intensificando a importância das abelhas como mantedoras da vida na Terra.

REFERÊNCIAS

- A.B.E.L.H.A. Associação Brasileira de estudos das Abelhas. **Origem e diversidade**. Disponível em: < <https://abelha.org.br/origem-e-diversidade/>>. Acesso em: 16 de nov. 2021.
- AB'SÁBER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, v. 20, p. 1–25, 1970.
- AB'SABER, A. N. **O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1974.
- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, p. 159. 2003.
- AB'SÁBER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul – primeira aproximação. In: LEMOS, A. *et al.* (Eds.). **América Latina: sociedade e meio ambiente**. São Paulo: Expressão Popular, p. 19–33. 2008.
- ALVES, L. H. *et al.* Influência dos fatores abióticos sobre o forrageamento de abelhas na estação seca. **II Simpósio de pesquisa em Mata Atlântica. Engenheiro Paulo de Frontin–RJ**, 2012.
- ALVES, R. C. **Efeito da interação do padrão de cultivo e das diferentes escalas de uma paisagem agrícola sobre a diversidade de vespas e abelhas**. 2014. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2014.
- ANDRADE-LIMA, D. *The caatingas dominium*. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, n. 2, p. 149–153, 1981.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: **Gazeta Santa Cruz**, 2006.
- APAC. **Agência Pernambucana de Águas e Clima**. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Aceso em: 26 jan. 2022.
- AYRES, M. *et al.* Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. **Instituto Mamirauá, Belém**, v. 364, 2007.
- BEGON, M. *et al.* Ecology: individuals, populations and communities. 3. ed. **Oxford: Blackwell Science**, 1068, p. 1996.
- BOMFIM, I.G.A.*et al.* Curso técnico em Apicultura: Biologia das abelhas. **Ceará. Editora: FUNECE**, 2017.
- BUSTAMANTE, P. M. A. C. A fruticultura no Brasil e no Vale do São Francisco: vantagens e desafios. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 1, p. 153-172, 2009.
- BOSCH, J.*et al.* Management of populations of the mason bee *Osmia lignaria* Say (Hymenoptera: Megachilidae) to pollinate almonds: methods to advance bee emergence. **Environmental Entomology**, v. 29, p. 874-883, 2000.

CABRERA, Á. L. *et al.* **Biogeografia de América Latina**. Washington: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y tecnológico, 1973.

CARVALHO, L. A. S. *et al.* Polinizadores potenciais da mangueira, *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) no vale do Submédio São Francisco, Juazeiro, Bahia. In: XXI Congresso Brasileiro de Entomologia, 2006, Recife. XXI Congresso Brasileiro de Entomologia. São Paulo, SP: Adaltech, 2006. v. 21. p. 1293-2.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo. **Índices de exportação do agronegócio**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indices-de-exportacao-do-agronegocio.aspx>. Acesso em: 23 nov. 2021.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo. **Anuário HF Brasil: Retrospectiva 2021 & Perspectiva**. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista.aspx>. Acesso em: 07 Jan. 2022.

COLWELL, R. K. *et al.* Interpolação, extrapolação e comparação de curvas de acumulação de espécies baseadas em incidência. **Ecologia**, v. 85, n. 10, pág. 2717-2727, 2004.

COLWELL, R. K. *et al.* Modelos e estimadores que ligam rarefação individual e amostral, extrapolação e comparação de conjuntos. **Revista de ecologia vegetal**, v. 5, n. 1, pág. 3-21, 2012.

COSTA, C. C. de A.; OLIVEIRA, F. L. de. Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 1, 2013.

CORDEIRO, Z.J.M. *et al.* Sistema Orgânico de Produção de Manga para a Região da Chapada Diamantina, Bahia. 2020.

CUNHA, A.P.M.A. **Avaliação dos impactos das mudanças dos usos e cobertura da terra no clima da região semiárida do Brasil**. 2013. 181 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2013.

CUNHA, D. A. da S. *et al.* Insetos Polinizadores em Sistemas Agrícolas. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 18, n. 4, p. 185-194, 2014.

DAVENPORT, T. L. Fisiologia da reprodução em manga. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 363-376, 2007.

DE ASSIS, J. M. O. *et al.* Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco–PE nos anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 05, p. 858-869, 2014.

DIAS, U. N. S. *et al.* O componente arbustivo-arbóreo em área de Depressão Sertaneja Meridional em Petrolina, PE. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018.

FEITOZA, E. de A. *et al.* Interações de plantas e abelhas da Caatinga no Polo Petrolina, PE-Juazeiro, BA. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 9., 2014, Petrolina. Anais. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World Food and Agriculture**, Statistical Pocketbook. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World Food and Agriculture**, Statistical Pocketbook. 2021.

GALLAI, N. *et al.* Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, p. 810-821, 2009.

GARIBALDI, L. A. *et al.* **Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honeybee abundance.** **Science**, v. 339, p. 1608-1611, 2013.

GALVÍNCIO, J. D. *et al.* Determinação do albedo no município de Belém do São Francisco, com base em imagens Landsat 7. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 23, n. 3, p. 103-116, 2009.

GIANNINI, T. C. *et al.* Serviços de polinização em risco: habitats de abelhas diminuirão devido às mudanças climáticas no Brasil. **Modelagem Ecológica**, v. 244, p. 127-131, 2012.

GIANNINI, T. C. *et al.* A dependência das culturas para os polinizadores e o valor econômico da polinização no Brasil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, pág. 849-857, 2015.

GIULIETTI, A. M. *et al.* Vegetação: áreas e ações prioritárias para a conservação da Caatinga. **Biodiversidade da Caatinga: Áreas e ações Prioritárias para a Conservação**, v. 1, p. 113-131, 2004.

GILLER, P. S. **Community structure and the niche.** London: Chapman and Hall, 176 p. 1984.

GOTELLI, N. J. *et al.* Estimativa da riqueza de espécies: 39-54 (in) MAGURRAN, AE & MCGILL, BJ (eds.) **Fronteiras na medição da biodiversidade.** 2011.

GOTELLI, N. J. *et al.* Quantificando a biodiversidade: procedimentos e armadilhas na medição e comparação da riqueza de espécies. **Cartas ecológicas**, v. 4, n. 4, pág. 379-391, 2001.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. Os insetos: um resumo de entomologia. São Paulo. **SP: Roca. pp**, 2008.

GOULSON, D. **Bumblebees: seu comportamento e ecologia.** Oxford University Press, EUA, 2003.

HAMMER, Ø, *et al.* PAST- Estatística paleontológica. **Paleontologia electronica**, v. 4, n. 1, pág. 1-9, 2001.

HORTO BOTÂNICO. **Mangifera indica.** Disponível em: <<https://www.museunacional.ufrj.br/hortobotanico/arvoresearbustos/mangiferaindica.html>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil: primeira aproximação.** Rio de Janeiro: IBGE. 2021.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Estação de Petrolina - Climatologia Local.** Disponível em: http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/petrolina_clima.html. Acesso em: 18 jan. 2022.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Economic value of Brazilian cash and Estimates of their pollination constrains. In: **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO)** (ed.). Economic Value of Pollination and Pollinators. São Paulo: Food Agriculture Organization & Universidade de São Paulo, 2004.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. *et al.* **POLINIZADORES NO BRASIL: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais / organizadores.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.

JOHNSON, R. M. *et al.* Pesticidas e toxicidade das abelhas – EUA. **Apidologie**, v. 41, n. 3, pág. 312-331, 2010.

KIST, B. B. *et al.* **Anuário brasileiro de Horti&Fruti - 2021.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 104 p. 2021.

KIILL, L. H. P.; MEDEIROS, K.M. de S. Informações sobre polinizadores em mangueira no Vale do São Francisco. **Embrapa Semiárido-Documentos (INFOTECA-E)**, 2008.

KIILL, L. H. P.; DE SIQUEIRA, K. M. M. Polinização da mangueira (*Mangifera indica*). In: SEMANA DOS POLINIZADORES, 3., 2012, Petrolina. **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012.

KIILL, L.H.P.; SIQUEIRA, K. M. M. de. Manejo de polinizadores em *Mangifera indica* L.(Anacardiaceae) no Vale do Submédio do Rio São Francisco. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2014.

KLEIN, A. M. *et al.* 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. **Nature Conservation and Landscape Ecology**, 2020.

KWONG, W. K. *et al.* **Dynamic microbiome evolution in social bees.** Science Advances, v. 3, n. 3, p. e1600513, 2017.

MANCIN, C. A. *et al.* **Cultura da mangueira.** 2009. Disponível em http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/manga.html#_Toc43654354. Acesso em: 26. jan. 2022.

MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Comportamento de forrageamento de abelhas e outros insetos nas panículas da mangueira (*Mangifera indica* L.) e produção de frutos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 3, p. 335-341, 2009.

MALASPINA, O. *et al.* Efeitos causados por agrotóxicos em abelhas no Brasil. **Anais do VIII Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto, SP, Brasil. 763p**, pág. 41-48, 2008.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Caatinga.** Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/biomas/caatinga.html>. Acesso em 12 de fev. 2022.

- MOURA, M. S. B. D. et al. Clima e água de chuva no Semiárido. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2007.
- MORO, M. F. **Floristic and biogeographical synthesis for the Caatinga Phytogeographical Domain**. 2013. Tese de Doutorado. PhD. Thesis. State University of Campinas, Brasil. 2013.
- MORO, Marcelo Freire et al. Uma meta-análise fitogeográfica do domínio semiárido da Caatinga no Brasil. **The Botanical Review**, v. 82, n. 2, pág. 91-148, 2016.
- OLIVEIRA, M. L. De; CUNHA, J. A. Abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae: Apinae) exploram recursos na floresta amazônica? **Acta Amazonica**, v. 35, n. 3, p. 389-394, 2005.
- OLSON, D. M. et al. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. **BioScience**, v. 51, n. 11, p. 933–938, 2001.
- PITTS-SINGER, T. L.; CANE, J. H. The alfalfa leafcutting bee *Megachile rotundata*: The World's most intensively managed solitary bee. **Annual Review of Entomology**, v. 56, p. 221-237, 2011.
- POTTS, S. G. et al. O relatório de avaliação da Plataforma Intergovernamental de Políticas Científicas sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos sobre polinizadores, polinização e produção de alimentos. 2016.
- REGIÃO NORDESTE. **Estados e Capitais do Brasil**. Disponível em: <https://www.estadosecapitaisdobrasil.com/regiao/nordeste/>. Acesso em: 16 nov. 2021.
- RIZZINI, C. T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 25, n. 1, p. 3–64, 1963.
- ROCHA, M. C. de L. e S. de A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2012.
- ROCHA, P. L. B. et al. **Supressão de vegetação nativa na Bahia**: o que estamos perdendo. Salvador: UFBA, IMATERRA, Frente Parlamentar Ambientalista da Bahia, 39 p. 2020.
- ROSA, J. M. da. et al. Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: Existe uma explicação?. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 154-162, 2019.
- SANTOS, A. B. D.; NASCIMENTO, F. S. D. Diversidade de visitantes florais e potenciais polinizadores de *Solanum lycopersicum* (Linnaeus) (Solanales: Solanaceae) em cultivos orgânicos e convencionais. **Biologia Neotropical e Conservação**, v. 6, n. 3, pág. 162-169, 2011.
- SANTOS, C. T. G. P.; KIILL, L. H. P. Comparação do padrão de visitação de duas variedades de mangueira em condições de campo e em ambiente controlado. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2014, Petrolina. **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. [Anais] Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014.
- SILVA, C. I., et al. Guia ilustrado de abelhas polinizadoras no Brasil. **Instituto de Estudos Ambientais**, 2014.

- SILVA-LUZ, C.L. *et al.* 2020. **Anacardiaceae**. Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:
<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB80029>. Acesso em: 23 nov. 2021.
- SILVA, T. A. *et al.* Avaliação da apifauna em áreas de cultivo e do entorno localizadas no Perímetro Irrigado do Salitre, Juazeiro, BA. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 9., 2014, Petrolina. **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE) [Anais]**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014.
- SIQUEIRA, K. M. M. de. *et al.* Estudo comparativo da polinização de *Mangifera indica* L. em cultivo convencional e orgânico na região do Vale do Submédio do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 30, n. 2, p. 303-310, jun. 2008.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; LIMA - FILHO, J. M. P. **Cultivo da Mangueira**. 2004. Disponível em:
http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmanga/clima.htm#precipitacao. Acesso: 18. mar. 2022.
- TOREZANI, K. R. de S. **Polinização da aboboreira (*Cucurbita pepo* L.)**: um estudo sobre a comunidade de abelhas em sistemas orgânicos e convencionais de produção no Distrito Federal. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, 2015.
- VELLOSO, A. L. *et al.* Ecorregiões-propostas para o bioma Caatinga. Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental, **The Nature Conservancy do Brasil**, Recife. 2002.
- VELTHUIS, H. H. W.; VAN DOORN, A. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. **Apidologie**, v. 37, p. 421-451, 2006.
- VIANA, B. F. A comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) das dunas interiores do Rio São Francisco, Bahia, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 4, p. 635-645, 1999.
- WITTER, S. *et al.* As abelhas e a agricultura [recurso eletrônico]. Dados eletrônicos: **EDIPUCRS**, 2014.
- ZANELLA, F. C. V.; MARTINS, C. F. Abelhas da Caatinga: biogeografia, ecologia e conservação. **Ecologia e conservação da Caatinga**, p. 75-134, 2003.