



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DE VISITANTES FLORAIS  
E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DE FRUTOS EM  
POMARES DE GOIABEIRA (*Psidium guajava* L.,  
MYRTACEAE) NO ALTO SERTÃO SERGIPANO**

**CRISLAINE COSTA CALAZANS**

**2019**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**CRISLAINE COSTA CALAZANS**

**DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DE VISITANTES FLORAIS E SUA INFLUÊNCIA  
NA QUALIDADE DE FRUTOS EM POMARES DE GOIABEIRA (*Psidium guajava* L.,  
MYRTACEAE) NO ALTO SERTÃO SERGIPANO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador  
Prof. Dr. Genésio Tâmara Ribeiro

SÃO CRISTÓVÃO  
SERGIPE – BRASIL  
2019

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

C143d Calazans, Crislaine Costa  
Diversidade e abundância de visitantes florais e sua influência na qualidade de frutos em pomares de goiabeira (*psidium guajava* L., MYRTACEAE) no alto sertão sergipano / Crislaine Costa Calazans ; orientador Genésio Tâmara Ribeiro. – São Cristóvão, SE, 2019.  
40 f. : il.

Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, 2019.

1. Agrobiodiversidade. 2. Polinização por insetos. 3. Ecologia agrícola. 4. Abelhas. 5. Goiabeira. 6. Sergipe. I. Ribeiro, Genésio Tâmara, orient. II. Título.

CDU 631.95(813.7)

**CRISLAINE COSTA CALAZANS**

**DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DE VISITANTES FLORAIS E SUA INFLUÊNCIA  
NA QUALIDADE DE FRUTOS EM POMARES DE GOIABEIRA (*Psidium guajava* L.,  
MYRTACEAE) NO ALTO SERTÃO SERGIPANO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 21 de fevereiro de 2019.

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Fabiana Oliveira da Silva  
UFS  
(Co-orientadora)

Prof. Dr<sup>ª</sup>. Rozimar de Campos Pereira  
UFRB

Prof. Dr. Genésio Tâmara Ribeiro  
UFS  
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO  
SERGIPE – BRASIL

*À minha família, aos amigos e a todos que  
torcem e comemoram minhas conquistas.*  
***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

À Deus por me proporcionar a realização de um sonho.

À Universidade Federal de Sergipe – UFS, e à Coordenação de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade PPGAGRI.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

À Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE) – Edital FAPITEC/SE/FUNTEC/CAPES N° 07/2015.

Ao Prof Dr. Genésio Tâmara Ribeiro, orientador.

À Profª Drª. Fabiana Oliveira da Silva pela ajuda na viabilização deste trabalho.

À Profª Drª. Favízia Freitas de Oliveira pela identificação do material entomológico coletado.

À Profª Drª. Angelise Durigon pela realização das análises qualitativas dos frutos.

À Suelange Oliveira Cruz pela contribuição dada nas análises quantitativas dos frutos.

À equipe do Projeto Polinização (LAPA/UFS – Campus Sertão) por todos os dias de coleta e trabalho compartilhados.

À equipe do Laboratório de Entomologia Florestal.

À equipe do MONA/SEMARH.

Aos produtores de goiaba do Alto Sertão Sergipano.

Aos colegas de mestrado.

Aos amigos Augusto e Glauber.

À minha família, por todo o apoio e incentivo.

Muito obrigada!

## **BIOGRAFIA**

CRISLAINE COSTA CALAZANS, filha de José Francisco Calazans e Marileide Rocha Costa, nasceu em 19 de setembro de 1987 em Aracaju e viveu na cidade de Laranjeiras – Sergipe desde seu nascimento até 2013.

Estudou em escolas públicas estaduais durante o Ensino Médio e em 2006 iniciou o curso de Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Sergipe - UFS. Lá, desenvolveu pesquisas atuando como estagiária de projetos nos quais foi bolsista de Iniciação Científica e Tecnológica pelo CNPq, graduando-se em 2011.

Concluiu o curso de MBA em Gestão da Qualidade e Gestão Ambiental em 2018 pela Faculdade UNINASSAU.

Em 2019, concluiu o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade - UFS, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

## Sumário

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS .....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Goiaba ( <i>Psidium guajava</i> L., var Paluma).....	3
2.2 Polinizadores.....	3
2.3 As abelhas .....	4
2.4 Importância do serviço de polinização mediado pelas abelhas .....	5
2.5 As abelhas em cultivos agrícolas .....	6
2.6 Influência da polinização em agroecossistemas .....	7
2.7 Parâmetros ecológicos .....	8
3. REFERÊNCIAS .....	9
4. ARTIGO 1 – .....	15
RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	16
4.1. Introdução.....	17
4.2. Material e Métodos .....	19
4.2.1. Área de estudo .....	19
4.2.2. Avaliação da abundância de polinizadores .....	20
4.2.3. Avaliação da diversidade de polinizadores.....	20
4.2.4. Identificação dos visitantes florais.....	20
4.2.5. Análise de similaridade.....	21
4.3. Resultados e discussão.....	21
4.4. Conclusões.....	26
4.5. Referências .....	27
5. ARTIGO 2 .....	31
RESUMO.....	31
ABSTRACT.....	32
5.1. Introdução.....	33
5.2. Material e Métodos .....	34
5.2.1. Área de estudo .....	34
5.2.2. Morfologia e biologia floral.....	34
5.2.3. Delineamento experimental .....	35
5.2.4. Potenciais polinizadores .....	35

5.2.5. Análises físico-químicas e nutricionais da goiaba.....	36
5.3. Resultados e discussão.....	36
5.4. Conclusões.....	39
5.5. Referências .....	40

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

Figura	Página
1 Imagem de satélite da localização dos 10 pomares de goiabeiras nos lotes irrigados no perímetro irrigado Califórnia em Canindé do São Francisco-SE e no perímetro irrigado Jacaré Curituba em Poço Redondo-SE. ....	19
2 Visitantes florais em flores de goiabeira ( <i>Psidium guajava</i> L.): A – <i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758) (Eusocial), B – <i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793) (Eusocial) e C – <i>Xylocopa (Neoxylocopa) cf. frontalis</i> (Olivier, 1789) (Solitária). ....	23
3 A – Número de abelhas nas coletas efetuadas às 06:00 horas, 11:00 horas e 15:00 horas nos 10 pomares de goiabeiras, em lotes irrigados no perímetro irrigado Califórnia em Canindé do São Francisco-SE e no perímetro irrigado Jacaré Curituba em Poço Redondo-SE. .....	24
4 Teste de similaridade dos visitantes florais da goiabeira ( <i>Psidium guajava</i> ) (cv. Paluma) em 10 pomares, durante os meses de maio a dezembro de 2017, e uma área de mata nativa em Canindé do São Francisco e Poço Redondo, Sergipe. .....	25
5 Abundância das espécies de abelhas coletadas em 10 lotes de goiabeiras ( <i>Psidium guajava</i> L.) no período de maio a dezembro de 2017, nos lotes irrigados no perímetro irrigado Califórnia em Canindé do São Francisco-SE e no perímetro irrigado Jacaré Curituba em Poço Redondo-SE. .....	26

### ARTIGO 2

Figura	Página
1 Localização da área de estudo: Canindé do São Francisco e Poço Redondo, Sergipe. .....	34
2 Flores da goiabeira em diferentes estádios: A – Botão floral; B – Botão floral no início da abertura; C- Flor logo após a abertura; D – Flor em deiscência. .....	35
3 A – Polinização natural, B – Autopolinização das árvores da goiabeira ( <i>Psidium guajava</i> ) (cv. Paluma) em 09 pomares durante os meses de maio a dezembro de 2017, em Canindé do São Francisco e Poço Redondo, Sergipe. .....	35
4 Frutificação em flores de goiabeiras ( <i>Psidium guajava</i> ) (cv. Paluma), polinizadas naturalmente e autopolinizadas inspecionadas após 30 dias. Os experimentos de polinização foram realizados em 24 flores por lote, sendo 12 flores por tratamento (em nove lotes) irrigadas em regiões de Canindé de São Francisco e Poço Redondo. A quantificação dos resultados de frutificação foi feita após 30 dias.	

.....	37
5 Frutos de goiabeira ( <i>Psidium guajava</i> ), obtidos a partir dos tratamentos de 1N – polinização natural (1N) e autopolinização (1A), avaliados na região do Alto Sertão Sergipano.	
.....	39

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela		Página
1	Modelo de Matriz de Gut proposta para definição dos lotes com prioridades de ação nas práticas agrícolas adotadas pelos agricultores das propriedades com cultivo de goiabeiras amostradas nos perímetros irrigados, Sergipe. .....	20
2	Avaliação das ações que influenciam as atividades agrícolas utilizando a Matriz de Gut das propriedades com cultivo de goiabeiras amostradas nos perímetros irrigados, Sergipe. .....	21
3	Espécies de abelhas amostradas nos cultivos de goiabeira ( <i>Psidium guajava</i> cv. Paluma) (n = 10 propriedades) durante os meses de maio a dezembro de 2017, em Canindé do São Francisco e Poço Redondo, Sergipe. .....	22
4	Espécies de abelhas amostradas em fragmento próximo a cultivos de goiabeira ( <i>Psidium guajava</i> cv. Paluma), em dezembro de 2017, em Canindé do São Francisco, Sergipe. Seguindo-se a metodologia proposta por Moreira et al., (2016).....	24
5	Diversidade e abundância das espécies de abelhas coletadas em 10 lotes de goiabeiras ( <i>Psidium guajava</i> L.), no período de maio a dezembro de 2017, nos lotes irrigados no perímetro irrigado Califórnia em Canindé do São Francisco/SE e no perímetro irrigado Jacaré Curitiba em Poço Redondo/SE.....	26

### ARTIGO 2

Tabela		Página
1	Comportamento de espécies de abelhas amostradas nos cultivos de goiabeira ( <i>Psidium guajava</i> cv. Paluma), (n = 10 propriedades) durante os meses de maio a dezembro de 2017, em Canindé do São Francisco e Poço Redondo/ Sergipe. (comportamento: PP – potencial polinizador, VF – visitante floral). .....	38
2	Diâmetro e comprimento dos frutos, números de sementes, rendimento e sólidos solúveis da polpa de goiaba ( <i>Pisidium guajava</i> ) (cv. Paluma), na região do Alto Sertão Sergipano. .....	38
3	Carotenoides totais e parâmetros de cor das polpas de goiaba ( <i>Pisidium guajava</i> ) (cv. Paluma) colhidas 140 dias após a polinização, na região do Alto Sertão Sergipano. .....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
€	Euro
A <sub>bs</sub>	absorbância
CAR	Carotenoides totais
cf.	Confirmar
cm	centímetros
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CV	Coefficiente de variação
E <sub>1cm</sub> <sup>1%</sup>	absortividade do carotenoide predominante no licopeno
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
g	gramas
ha	hectares
LAPA	Laboratório de polinização e agroecologia
LEFLO	Laboratório de Entomologia Florestal
m	metros
m <sub>1</sub>	massa de sólidos secos
mm	milímetros
MONA	Monumento Natural Angico
°brix	Índice de refração
°C	Graus Celsius
Plot	Arranjo de duas plantas
PPGAGRI	Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade.
SEMARH	Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe
UFRB	Universidade Federal do Recôncavo Baiano
UFS	Universidade Federal de Sergipe
V <sub>d</sub>	Volume da diluição

## RESUMO

CALAZANS, Crislaine Costa. **Diversidade e abundância de visitantes florais e sua influência na qualidade de frutos em pomares de goiabeira (*Psidium guajava* L., MYRTACEAE) no Alto Sertão Sergipano**. 2019. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) - Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019. \*

*Psidium guajava* L. (Myrtaceae) é amplamente conhecida por sua importância econômica. Possui como característica a autocompatibilidade, podendo frutificar por autopolinização, porém vários estudos têm demonstrado maior frutificação em polinização cruzada, sendo necessária a ação de agentes polinizadores. Deste modo, os objetivos deste estudo foram identificar os visitantes florais em pomares de goiabeira, bem como avaliar a influência da polinização natural na produtividade e qualidade dos frutos em perímetros irrigados localizados na região do Alto Sertão Sergipano. Este trabalho foi desenvolvido em propriedades localizadas nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo em Sergipe. A composição de espécies e número de visitantes florais foram registrados e coletados durante a fase de floração no período de Maio a Dezembro de 2017. Foram coletadas 740 abelhas, principalmente durante a manhã. Considerando-se o total de indivíduos coletados nos pomares de goiaba, *Trigona spinipes* (Fabricius) e *Apis mellifera* somam 675 indivíduos (91,2%) das abelhas coletadas, destacando-se entre as abelhas eusociais, enquanto as abelhas solitárias tiveram baixa densidade e frequência na flor. A polinização natural resultou em maior rendimento ( $n = 73\%$ ,  $n = 108$ ) e menor taxa de aborto (27%) em comparação com a autopolinização (65% de rendimento e 35% de taxa de aborto,  $n = 108$ ). Além disso, a qualidade foi melhor em frutos oriundos de polinização natural (diâmetro:  $63 \pm 6$  mm, comprimento:  $82 \pm 12$  mm), espessura de casca ( $1,75 \pm 0,65$  mm), número de sementes ( $327 \pm 30$ ) e rendimento de polpa (57,6%) sólidos solúveis:  $9,3 \pm 1,3$  Brix, e carotenoides totais:  $245 \pm 25$   $\mu\text{g.g}^{-1}$  b. s. Os resultados reforçam a importância dos polinizadores para a produtividade e sugerem a necessidade do manejo da polinização em pomares de goiabeira nas áreas irrigadas do Alto Sertão Sergipano.

**Palavras-chave:** Polinização; Agroecologia; Abelhas.

---

\* Comitê Orientador: Prof. Dr. Genésio Tâmara Ribeiro – UFS (Orientador), Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fabiana Oliveira da Silva - UFS (Co-orientadora).

**ABSTRACT**

CALAZANS, Crislaine Costa. **Diversity and abundance of floral visitors and their influence on fruit quality in guava orchards (*Psidium guajava* L., MYRTACEAE) in the North of Sergipe**. 2019. 43 p. Dissertation (Master degree in Agriculture and Biodiversity) - Post Graduation Program in Agriculture and Biodiversity, Federal University of Sergipe, São Cristóvão, 2019. \*

*Psidium guajava* L. (Myrtaceae) is widely known for its economic importance. It has as a characteristic the self-compatibility, being able to fructify by self-pollination, but several studies have demonstrated a greater cross-pollination, and the pollinator agents are necessary. Thus, the objectives of this study were to identify floral visitors in guava orchards, as well as to evaluate the influence of natural pollination on yield and fruit quality in irrigated perimeters located in the North of Sergipe. This work was developed in properties located in the municipalities of Canindé de São Francisco and Poço Redondo in Sergipe. The composition of species and number of floral visitors were recorded and collected during the flowering period from May to December 2017. A total of 740 bees were collected, mainly during the morning. Considering the total number of individuals collected in guava orchards, *Trigona spinipes* (Fabricius) and *Apis mellifera* add up to 675 individuals (91.2%) of the collected bees, standing out among eusocial bees, while solitary bees had low density and frequency in bloom. Cross-pollination resulted in higher yield ( $n = 73\%$ ,  $n = 108$ ) and lower abortion rate (27%) compared to self-pollination (65% yield and 35% abortion rate,  $n = 108$ ). In addition, the quality was better in fruits from cross-pollination (diameter:  $63 \pm 6$  mm, length:  $82 \pm 12$  mm), bark thickness ( $1.75 \pm 0.65$  mm), seed number ( $327 \pm 30$ ) and pulp yield (57.6%) soluble solids:  $9.3 \pm 1.3$  Brix, and total carotenoids:  $245 \pm 25$   $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  b. s. The results reinforce the importance of pollinators for productivity and suggest the need for pollination management in guava orchards in the irrigated areas of the North of Sergipe.

Keywords: Pollination; Agroecology; Bees.

---

\* Supervising Committee: Dr. Professor Genésio Tâmara Ribeiro - UFS (Advisor), Dr. Professor Fabiana Oliveira da Silva – UFS (Joint advisor).

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A sobrevivência humana depende de muitos processos naturais, chamados serviços ecossistêmicos, os quais não são contabilizados por valorações de mercado (GARIBALDI et al., 2013). Dentre os principais serviços ecossistêmicos estão os prestados pelos polinizadores.

A polinização é a transferência de pólen dos estames, parte masculina da flor, ao estigma, parte feminina da flor, e torna possível a fecundação, e, portanto, a produção de frutos e sementes. Embora a polinização possa ser realizada por vetores bióticos (animais) e abióticos (água ou vento), a grande maioria das plantas com flores (angiospermas) depende da polinização por animais (OLLERTON et al., 2011), principalmente por insetos. As abelhas são os insetos que, por excelência, participam deste trabalho, de modo que possuem grande importância econômica e ecológica nos agroecossistemas. Atualmente é difundida a ideia de que grande parte da comida que é consumida e comercializada depende direta ou indiretamente da polinização por abelhas (FAO, 2014).

Nos agroecossistemas, os polinizadores são essenciais para o pomar, horticultura e forragem, bem como para a produção de sementes. Polinizadores como abelhas, pássaros e morcegos contribuem com 35% da produção mundial de culturas, aumentando os resultados de 87% das principais culturas alimentares em todo o mundo (FAO, 2011). Nesse sentido, a polinização feita por animais é considerado um serviço chave gerado pelo ecossistema e indispensável para a reprodução de várias espécies vegetais, grantindo assim o equilíbrio ecológico (KLEIN et al., 2007; IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010; GARIBALDI et al., 2013;) além de também favorecer o aumento da produtividade das culturas agrícolas (OLIVEIRA, 2015).

Estudos apontam algumas das culturas polinizadas por abelhas: abacate, abóbora, alfafa, algodão, ameixa, amêndoa, amora, aspargo, beterraba, canola, cebola, cenoura, amora, feijão, girassol, kiwi, maçã, melão, melancia, morango, pepino, pêra, pimenta, repolho, soja, tomate e uva passa (SANTOS, 2010).

*Psidium guajava* L. pertencente à família Myrtaceae, é amplamente conhecida por sua importância econômica. Possui como característica a autocompatibilidade, podendo frutificar por autopolinização, porém, estudos têm demonstrado maior frutificação em polinização cruzada, sendo necessária a ação de organismos polinizadores.

As flores da *P. guajava* var. Paluma são muito procuradas por abelhas, sendo as abelhas melíferas (*Apis mellifera*), jandaíras (*Melipona subnitida*) e mamangavas (*Xylocopa frontalis*) as espécies mais eficientes na polinização das flores desse cultivar no estado do Ceará (ALVES; FREITAS, 2006).

Quando a polinização é realizada de forma apropriada pode aumentar a produtividade e qualidade das culturas de frutas, castanhas, oleaginosas e fibras (GIANNINI et al., 2015). No Brasil quase um terço das plantas cultivadas apresentam dependência grande ou essencial por polinizadores.

No trabalho realizado na cultura do café (*Coffea arabica* L) a abelha africanizada *Apis mellifera* foi considerada agente polinizador efetivo, pois a sua ausência promove uma diminuição de 55,25% da produção de grãos do cafeeiro, além de diminuir o peso desses grãos (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012).

Em estudo de visitantes das inflorescências da algarobeira (*Prosopis juliflora* (Sw) DC.) foi verificado que alguns insetos como borboletas, mariposas e vespas frequentam as flores de forma esporádica, no entanto as visitas mais constantes foram provenientes de duas espécies de abelhas, a espécie *Apis mellifera* que contabilizou 84,22% dos visitantes e a espécie *Trigona* cf. *fuscipennis* com 15,78% (SOUSA et al., 2016).

Existem várias pesquisas visando melhorar a exploração do potencial produtivo da goiabeira. Tais estudos têm priorizado as práticas de manejo da cultura dando menor ênfase aos seus aspectos botânicos e às influências do ambiente sobre a planta, especialmente sobre o

processo de polinização. Contudo, considera-se a necessidade de pesquisas dos diversos insetos potenciais polinizadores da goiabeira nas diferentes regiões onde essa frutífera é cultivada, visando à identificação, à criação e à preservação desses insetos (BOTI et al., 2005). Portanto, o conhecimento dos visitantes florais é fundamental para compreender as relações estabelecidas com as plantas visitadas, considerando o papel que os polinizadores possuem no agroecossistema e notadamente na produtividade dos pomares.

A maior eficiência das abelhas como polinizadores se dá tanto pelo seu número na natureza quanto por sua melhor adaptação às complexas estruturas florais, como peças bucais e corpos adaptados para embeber o néctar das flores e coletar pólen, respectivamente (SANTOS et al., 2004), demonstrando a importância do conhecimento da biologia floral das espécies e a relação com seus principais polinizadores. A polinização efetiva é um fenômeno complexo determinado pelos fatores de cada espécie, e a interação com seu polinizador é influenciada pelo nível da espécie (densidade, morfologia e comportamento da polinizadora, morfologia das flores, tamanho da exibição e proporção do sexo das flores), bem como fatores de nível comunitário (diversidade de espécies de polinizadores e a competição de plantas e interação com polinizadores) (WILLCOX et al., 2017).

Os resultados de pesquisas demonstram que a eficácia da intensificação ecológica representada pela densidade de visitantes de flores difere entre pequenas e grandes explorações (GARIBALDI et al., 2016). No entanto, os polinizadores são responsáveis, em grande medida, pelas lacunas de produção em culturas dependentes de polinizadores em pequenas explorações, mesmo depois de considerar vários fatores ambientais e de gestão no rendimento de culturas. As práticas agroecológicas estimulam o aumento da agrobiodiversidade, considerando tanto as plantas cultivadas quanto as espécies que possuem um papel relevante no sistema produtivo. Resultante da interação entre ambiente, recursos genéticos e práticas de manejo, a agrobiodiversidade varia de acordo com as diferentes formas de uso do solo e engloba a variedade e a diversidade de animais, plantas e microrganismos necessários para sustentar as funções-chave, a estrutura e os processos do agroecossistema, oferecendo suporte para a produção de alimentos, segurança e soberania alimentar (JACKSON et al., 2007).

As perspectivas ecológicas básicas aplicadas para sistemas agrícolas sustentáveis e resilientes são questionáveis. Em muitas partes do mundo a intensificação da agricultura já resultou em perdas de biodiversidade, ameaçando a prestação de serviços de ecossistemas e a melhor sustentabilidade da agricultura. Os impactos de tal sistema de cultivo e a intensificação da paisagem e sua influência sobre os insetos benéficos precisam ser bem conhecidos (LANDIS, 2017).

Nesse sentido, verifica-se que os efeitos da uniformidade da paisagem sobre os serviços de polinização impactam na perda de insetos nativos e no conjunto das características dos frutos, apesar de não terem sido avaliados globalmente para culturas de polinização animal. Dessa forma, identifica-se que o manejo do arranjo produtivo de insetos nativos, os quais tem grande potencial para melhorar o rendimento de culturas polinizadas, refletem na qualidade e produtividade da polinização (GARIBALDI et al., 2013).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Goiaba (*Psidium guajava* L., var *Paluma*)

A goiabeira é uma árvore da espécie *Psidium guajava* e seu fruto é conhecido como goiaba. Pertence à família Myrtaceae, cuja origem é América tropical. A goiabeira é uma das fruteiras de clima tropical que têm apresentado considerável aumento das áreas de plantio, sendo a maior parcela dos frutos produzidos destinada à industrialização (NATALE et al., 2009). O método de poda utilizado no cultivo de goiaba, denominado poda de frutificação possibilita a obtenção de frutos ao longo de todo o ano, quando associado à irrigação e ao manejo adequado da adubação (PIZA JÚNIOR, 1994).

Os frutos da goiabeira Paluma são destinados à industrialização, pois possuem características para o processamento, para a elaboração de sucos, compotas e doces em pasta, entretanto, em razão da qualidade, seus frutos também podem ser consumidos in natura (PEREIRA; NACHTIGAL, 2002).

O cultivar paluma, em particular, é muito explorado em plantios comerciais no Brasil, produz frutos de cor vermelha, com a forma semelhante a uma pêra, grandes e pesados (PEREIRA, 1984). O tempo que o fruto leva desde a polinização até a colheita é de aproximadamente 120 dias (ALVES, 2000). Entretanto pouco se sabe sobre os requerimentos de polinização da goiabeira, seus visitantes florais e suas eficiências como polinizadores (MEDINA, 1988).

### 2.2 Polinizadores

Os agentes polinizadores bióticos são visitantes florais obrigatórios porque estão sujeitos a usar esses recursos ao longo de todo seu ciclo de vida em forma de alimento, como o pólen das flores que é rico em proteínas e o néctar que é uma fonte de açúcares (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010).

Vários estudos têm identificado diversas espécies como visitantes florais regulares e potenciais polinizadores de espécies agrícolas de importância econômica (IMPERATRIZ FONSECA et al., 2017). Entretanto, somente as características florais não são suficientes para definir se um visitante utiliza os recursos florais de uma dada espécie atual como polinizadores. O comportamento do visitante é um importante fator para determinar sua eficiência como polinizador de uma determinada espécie vegetal (KING et al., 2013).

Os polinizadores estão fortemente relacionados ao bem-estar humano, através da manutenção da saúde e função dos ecossistemas, da reprodução das plantas silvestres, da produção das culturas agrícolas e da segurança alimentar (POTTS et al., 2016). Os visitantes florais são fundamentais para o processo de polinização, pois aproximadamente 90% das plantas angiospermas dependem de agentes polinizadores para fecundação e formação dos frutos (OLLETORN et al., 2011). Os insetos polinizadores desempenham um papel fundamental tanto na preservação e recuperação do ambiente quanto na economia mundial.

Apesar de sua reconhecida importância, muitas ações antrópicas têm ocasionado grandes danos nas comunidades desses insetos, tendo como consequência um desequilíbrio nas relações ecossistêmicas (CUNHA et. al, 2014). Esse desequilíbrio contribui para a perda de biodiversidade e serviços de polinização, pois as espécies remanescentes não conseguem compensar a perda de polinização resultante do desaparecimento das demais espécies (KREMEN, 2004).

Os cultivos podem favorecer aos polinizadores ao oferecerem fontes amplas de alimento e outros recursos necessários para a sua sobrevivência, principalmente quando as plantas nativas não apresentam floradas abundantes. Apesar disso, os ambientes naturais não deixam de ser vitais no entorno dos cultivos, visto que lhes oferecem complementação alimentar e locais para nidificação (PINHEIRO et al., 2014).

Dentre as espécies de abelhas, *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apide), destaca-se como a principal espécie polinizadora dos cultivos agrícolas em todo o mundo.

Isso se deve principalmente ao fato de ser uma espécie altamente generalista quanto as espécies vegetais que visita (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012).

Além de *Apis mellifera* as espécies de abelhas solitárias e sociais nativas, também chamadas de “Não-Apis”, são de grande importância tanto para ambiente natural como também para o ambiente agrícola. Estas abelhas são consideradas tão eficientes quanto a abelha africanizada em relação aos serviços de polinização prestados em diversos cultivos agrícolas (RICKETTS et al. 2004).

Com os avanços da agricultura, o desflorestamento, o desenvolvimento urbano e demais atividades antrópicas, a biodiversidade está ameaçada. As populações de polinizadores naturais também diminuem, por não encontrar mais recursos suficientes para alimentar-se e nidificar-se. A presença desses polinizadores indica qualidade ambiental, e para tanto há de se atentar à preservação das abelhas, as quais vêm sofrendo impactos que podem levar ao seu desaparecimento (BARBOSA et al., 2017).

Conhecer a diversidade de visitantes florais, principalmente as abelhas, é fundamental para futuros trabalhos relacionados à polinização e estratégias para o uso de recursos biológicos de origem animal e vegetal, tanto em ambientes naturais quanto em cultivados (WASER; OLLERTON, 2006). Serviços como polinização de cultivos, formação de solo, purificação da água, regulação do clima, controle de pragas e doenças são essenciais. Dada a complexidade e a dinâmica desses “serviços” da biodiversidade, a completa substituição por vias artificiais é praticamente impossível. Assim, deve-se procurar entender o papel funcional da biodiversidade e desenvolver mecanismos que visem ao seu uso sustentado e sua conservação (VIANA et al., 2008).

Em Sergipe os serviços de polinização têm sido pouco valorizados e estudos sobre agentes polinizadores e sua importância tanto em cultivos agrícolas quanto em ambientes naturais são escassos.

### 2.3 As abelhas

As abelhas são insetos conhecidos há mais de 40.000 anos, e são descendentes das vespas cujas fêmeas capturam outros artrópodes como alimento, diversamente as abelhas (Hymenoptera: Apoidea) coletam néctar e pólen diretamente nas flores. Entre as 20 mil espécies de abelhas conhecidas no mundo, cerca de 85% são solitárias e, portanto, não formam colônias; as demais se caracterizam por viverem em grandes sociedades, ou seja, são sociais, vivem em colônias e formam produtos comercialmente valorizados como o mel (ITAGIBA, 1997; FREITAS, 1999).

No Brasil, são conhecidas 1800 espécies, incluindo espécies nativas e exóticas como a abelha africanizada (*Apis mellifera* Linnaeus) que atualmente encontra-se distribuída em todo o território brasileiro, com predominância no bioma Caatinga (NEVES, 2008). A maioria das espécies pertence à família Apidae e subfamília Apinae (“abelhas corbiculadas”), havendo separação das diferentes abelhas a partir da distribuição em tribos (CAMARGO; PEDRO, 2013). Durante o processo evolutivo, surgiram várias espécies de abelhas, compreendendo aproximadamente 700 gêneros, sendo bastante difundida em pesquisas com abelhas do gênero *Apis* (SILVEIRA et al., 2002).

Em uma colônia bem organizada de abelha africanizada encontra-se cerca de 60 a 80 mil abelhas operárias, uma única rainha e dezenas de zangões. A divisão do trabalho na colmeia é estabelecida com base nas castas (rainha, zangão e operária) (ITAGIBA, 1997). A rainha, por ser a única fêmea fértil da colmeia, é responsável pela postura de ovos, os quais darão origem às operárias, aos zangões e, em condições específicas, novas rainhas, mantendo viva a espécie à qual pertencem (NOGUEIRA-NETO, 1997; ALVES, 2012). Com seu modelo de socialização, no qual cada uma tem uma função específica executada sempre em benefício do bem-estar da coletividade, as abelhas dão um belo exemplo de convivência (FREITAS, 1999).

A íntima associação entre as abelhas e as flores surgiu há mais de 50 milhões de anos. Desde então, as abelhas dependem das flores para alimentar-se e as plantas recebem os benefícios da polinização (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). Alimentando-se exclusivamente de recursos florais, as adultas se alimentam principalmente de néctar, já as larvas, na maior parte das espécies, são alimentadas com uma mistura de pólen e néctar (ROBERTO et al., 2015). As abelhas se destacam entre os agentes polinizadores por apresentar modificações morfológicas e comportamentais (RECH; WESTERKAMP, 2014), sendo responsáveis pela polinização da maioria das espécies vegetais.

#### **2.4 Importância do serviço de polinização mediado pelas abelhas**

A polinização consiste na transferência de grãos de pólen presentes nas anteras para o estigma da flor e seu sucesso resultará na fecundação dos óvulos e posterior formação de frutos e sementes (WILLMER, 2011). Sendo um processo de transporte do pólen de uma planta para a outra, deve ser mediado por um agente polinizador, seja ele um fator abiótico como vento (anemofilia) e água (hidrofilia), como agentes bióticos (ex. insetos, pássaros, mamíferos). Para ser considerado um agente polinizador, o inseto deve fazer visitas periódicas a flores de uma mesma espécie e precisa permanecer na flor por um determinado tempo, o suficiente para que os grãos de pólen possam aderir a ele de maneira firme, a fim de ser conduzido para outra flor. Caso essa transferência não aconteça, o inseto é denominado visitante floral.

A interação entre polinizadores e plantas é, geralmente, considerada mutualística, isto é, proporciona benefícios tanto para o polinizador quanto para a planta, aumentando o valor adaptativo de ambos (RECH et al., 2014). Neste sentido, a morfologia floral e a oferta de recursos determinam as chamadas síndromes de polinização. Assim, diversos visitantes florais e polinizadores potenciais podem ser atraídos ou excluídos de acordo com a morfologia floral (MACHADO; LOPES, 2004). Essa interação planta-polinizador se mostra vantajosa, pois garante a diversidade e a variedade de espécies de plantas, levando à produção de melhores frutos e plantas com maior capacidade de adaptação (RICKLEFS, 2010).

As abelhas merecem destaque como agentes polinizadores bióticos, pois dependem dos recursos florais para sua sobrevivência, tendo, desta forma, estabelecido relações estreitas com as angiospermas ao longo de sua evolução (RECH et al., 2014). Elas voam de flor em flor com os grãos de pólen (gameta masculino) aderidos ao corpo, sendo depositados no estigma (gameta feminino) da próxima flor (SOUZA, 2007; IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010, SILVA, 2010). A maior eficiência das abelhas como polinizadores se dá, tanto pelo seu número na natureza, quanto por sua melhor adaptação às complexas estruturas florais como, por exemplo, peças bucais e corpos adaptados para sugar o néctar e coletar pólen das flores, respectivamente (SANTOS et al., 2004).

Serviço ecossistêmico fundamental para o desenvolvimento de diversas espécies cultivadas, a polinização contribui efetivamente para a reprodução de plantas superiores (TOREZAN-SILINGARDI, 2012), bem como para a manutenção de ecossistemas, conservando grande parte das redes de interações entre animais e plantas (FREITAS; NUNES-SILVA, 2012). Dentre esses serviços, a polinização é um dos mais conhecidos por assegurar a variabilidade genética da maior parte das espécies vegetais, além de prover diversos benefícios para a população (BREEZE et al. 2011).

A polinização atua na manutenção do equilíbrio ambiental, e as abelhas são responsáveis por cerca de 73% da polinização cruzada na maioria dos ecossistemas, desempenhando um serviço de valor inestimável, constituindo uma importante adaptação evolutiva das plantas que mantém a diversidade genética, aumentando o vigor das espécies e determinando a formação de frutos e sementes (KERR et al., 2001; COUTO; COUTO, 2002; IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010; BACAXIXI et al., 2011). Consequentemente, desempenham função importante na preservação das espécies (SOUZA; EVANGELISTA-RODRIGUES, 2007).

O serviço ecossistêmico prestado pelos polinizadores está sendo cada vez mais reconhecido no mundo e vem sendo um dos principais temas em debate em função do declínio de determinadas espécies de abelhas nos últimos anos (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). Os serviços de polinização correspondem a cerca de 10% do PIB agrícola, representando a incrível cifra superior a 200 bilhões de dólares/ano no mundo (FAO, 2014).

Pesquisas que buscam entender as causas do desaparecimento de abelhas vêm ganhando força ao redor do mundo nos últimos anos. Isso se deve principalmente aos recentes declínios de colônias domesticadas em diversos países e também pelo aumento do número de abelhas nativas na lista de espécies ameaçadas de extinção. Um importante marco na história dos polinizadores foi a Convenção sobre a Diversidade Biológica em que foi estabelecida uma Iniciativa Internacional para Conservação e Uso Sustentável de Polinizadores - IPI. Destacando-se a Iniciativa Brasileira de Polinizadores (IBP).

## **2.5 As abelhas em cultivos agrícolas**

A busca pela sustentabilidade é um desafio enfrentado pelas populações em todos os continentes. No entanto, diversos são os fatores que ameaçam a manutenção das populações de abelhas, entre eles a intensificação da agricultura que causa uma simplificação da paisagem devido à supressão da vegetação nativa e a implantação de monocultura, reduzindo a diversidade local de espécies. Um dos grandes objetivos da agricultura moderna é a maximização da produtividade de alimentos, entretanto, muitas espécies agrícolas necessitam de adequada diversidade de polinizadores (WESTERKAMP; GOTTSBERGER, 2000). No Brasil, quase um terço das lavouras tem grande dependência de polinizadores. Por isso, as abelhas contribuem aumentando significativamente a produtividade de muitas espécies vegetais após suas visitas (MICHENER, 2007). Dessa forma, a presença de polinizadores constitui uma ferramenta inestimável para produção agrícola e, também, como ferramenta de conservação (GARIBALDI et al., 2013).

A valoração dos serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores ultrapassa anualmente 150 bilhões de euros (GALLAI et al., 2009) e, outros fatores associados à produção agrícola como qualidade de frutos e quantidade de óleo em sementes, os quais conferem um maior valor agregado ao produto, também estão associados à riqueza e abundância de polinizadores (GREENLEAF; KREMEN, 2006; RICKETTS, 2004).

Além disso, para algumas culturas, os polinizadores promovem o aumento da qualidade da fruta, com frutos maiores e com elevado teor de nutrientes, o que agrega maior valor econômico ao produto. O incremento qualitativo é um benefício indireto e difícil de medir, mas que é extremamente importante para a agricultura de mercado (GIANNINI et al., 2015). Portanto, os agentes polinizadores, especialmente as abelhas, têm-se mostrado essenciais na produção de alimentos para o homem e seus animais, bem como na conservação de recursos florais (FREITAS, 2006). Embora, existam preferências de algumas espécies de abelhas por determinadas espécies ou família de plantas, a sua visitação é variável, conforme a abundância relativa das colônias. Além, da distinção de recursos florais, promovida pelas condições edafoclimáticas regionais (BALLIVIÁN, 2008; SANTOS et al., 2006).

O declínio de polinizadores assume um papel central, pois compromete um dos principais serviços ecossistêmicos nos cultivos agrícolas (GARIBALDI et al., 2013). Considerando a produção agrícola, que é beneficiada pela polinização, é notória a existência de uma lacuna de produção, ou seja, uma diferença entre a produção realizada e a produção potencial (BOMMARCO et al., 2013).

Por ser considerado como um capital natural de valor incalculável, a polinização mostra-se como um importante mecanismo ecológico frente aos enormes serviços ambientais que prestam. Esses serviços ambientais são a base para a sobrevivência dos organismos no planeta e fundamentais para o bem-estar humano. Frente aos seus benefícios, consiste um estoque de materiais e informações que estão disponíveis aos seres humanos (COSTA;

OLIVEIRA, 2014). Mudanças nas práticas de cultivo e a conservação dos polinizadores podem contribuir para a manutenção e realização de serviços ambientais visando aumento da produtividade, contudo requer um entendimento das relações complexas entre a composição da comunidade biológica e das funções do ecossistema em contraste com diferentes cenários de manejo e da paisagem (KENNEDY et al., 2013).

A agricultura pode desempenhar um papel importante na conservação de polinizadores, contribuindo para o desenvolvimento de um manejo diferenciado das áreas de cultivo e de seus arredores, uma vez que paisagens pouco fragmentadas podem ser muito benéficas para as populações de abelhas e outros grupos de polinizadores (WRATTEN et al., 2012).

Assim, a adoção de cultivos agrícolas sustentáveis é uma estratégia importante para a manutenção das comunidades de abelhas e outros polinizadores, bem como de insetos que podem impactar positivamente a produtividade agrícola.

## 2.6 Influência da polinização em agroecossistemas

A produção de 39 das 57 principais culturas agrícolas se beneficia com animais polinizadores. Em conjunto a estes, as culturas representam 35% da produção global de alimentos. A maioria das culturas globais experimenta perdas de produtividade devido à limitação dos polinizadores (KLEIN et al., 2007). Estima-se que cerca de 352 mil espécies de plantas com flores necessitam dos serviços prestados pelos agentes polinizadores, mas cerca de 308 mil espécies de fato mantem essa relação de dependência com estes agentes, representando 87,5% de todas as plantas (OLLERTON et al., 2011).

Nos cultivos agrícolas, notadamente, em pomares de goiaba a presença de visitantes florais que promovam a polinização cruzada favorece o incremento na produção de frutos (ALVES; FREITAS, 2007).

A necessidade de produzir frutos com mais sabor, maior resistência a doenças fúngicas e pragas e, ainda, um maior tempo de conservação natural durante o armazenamento é uma preocupação para os produtores. Todavia, essa preocupação pode ser diminuída se existir uma polinização eficiente no pomar. A polinização através de insetos assume elevado interesse, que se deve à presença de sementes nos frutos, sendo um fator importante na qualidade, quantidade e segurança alimentar. (VICENTE; RUI, 2017).

A polinização cruzada é efetuada por insetos que transportam o pólen de modo a obter frutos de qualidade. Nesse sentido, a eficácia da polinização depende da época de floração, da qualidade do pólen e da presença de insetos polinizadores (MARTÍN et al., 2015). Muitas espécies de abelhas que contribuem para a polinização de culturas agrícolas, das quais as mais conhecidas são as abelhas melíferas africanizadas *Apis mellifera* (CASTRO, 2005).

É crescente a preocupação com a escassez dos agentes polinizadores, pois o desenvolvimento de frutos de um grande número de espécies vegetais depende da eficiência de sua polinização. Quando realizada por abelhas, a polinização natural é uma das melhores alternativas para o aumento da produtividade das culturas, além de contribuir na preservação de áreas com vegetação nativa. A carência de polinizadores nativos é um dos fatores que impede o aumento da produtividade em grande parte das culturas agrícolas (D'ÁVILA; MARCHINI, 2005).

Estudos em áreas naturais e em culturas agrícolas apontam um declínio de polinizadores no mundo todo, principalmente abelhas (POTTS et al., 2010). A fragmentação de habitat se destaca como um dos fatores que contribuem para esse declínio, promovendo uma redução na diversidade e abundância de polinizadores (RICKETTS et al., 2008; WINFREE et al., 2009) e tem um efeito ainda mais acentuado em populações de polinizadores nativos que apresentam uma gama limitada de espécies vegetais, fontes de pólen e requerimentos de nidificação específicos, como tecido vegetal seco (PEREIRA; GARÓFALO, 2010).

O comprometimento da manutenção de ecossistemas naturais e agrícolas, devido ao declínio de polinizadores, coloca em risco a produção agrícola e, tal fato, está diretamente

associado à insegurança alimentar, ou seja, a falta de disponibilidade e acesso da população aos alimentos, o que, por sua vez, é um problema de ordem política e ambiental (GODFRAY et al., 2010).

Além da fragmentação do habitat, alterações bruscas na temperatura do ar, precipitação, nebulosidade e outros fenômenos meteorológicos, podem promover alterações na distribuição geográfica das espécies de abelhas e plantas, podendo ainda, mudar ciclos reprodutivos e levar à ruptura das interações entre abelha e planta (HEGLAND et al., 2009). Essa relação animal-flor pode ser a base para promoção de progressos na agricultura, como a produção de frutos de qualidade superior, aumentando, conseqüentemente, a rentabilidade do cultivo (OLIVEIRA, 2015).

A relação entre os serviços de polinização e produtividade de culturas agrícolas tem sido bastante estudada, mostrando sua importância na economia e principalmente na qualidade de vida dos polinizadores e da população humana. Sabe-se que 75% das culturas agrícolas no mundo dependem de polinização por animais, não só por aumentar a produtividade, mas também por melhorar a quantidade e qualidade de frutos e sementes (WITTER et al. 2014; GAMITO; MALERBO-SOUZA, 2006).

A produtividade de um sistema agrícola aumenta com a riqueza de espécies da comunidade, pois quanto maior for o número de espécies, maior será a eficiência das mesmas em explorar os recursos (TILMAN et al., 2002). As relações mutualísticas entre as plantas e seus animais polinizadores têm sido frequentemente usadas como modelo para o estudo de aspectos fundamentais de ecologia e de evolução (MAYER et al., 2011). Dessa forma, a polinização pode ser considerada como um serviço imprescindível no cultivo de muitas espécies vegetais, contribuindo de forma bastante significativa na qualidade e quantidade dos frutos, bem como no número de sementes e no valor proteico dos mesmos, além de beneficiar os produtores diminuindo os custos do cultivo (D'ÁVILA; MARCHINI, 2005; IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010).

É necessária a utilização de polinizadores compatíveis para obtenção de frutos através da polinização cruzada, uma vez que o número de sementes está associado não só a frutos maiores, com melhor qualidade, mas também com relações mais equilibradas entre nutrientes (SEZERINO; ORTH, 2015).

## **2.7 Parâmetros ecológicos**

Estimativas de biodiversidade de sítios terrestres são baseadas em listas de espécies ou estimativas de abundância de angiospermas e animais vertebrados (principalmente aves e mamíferos e, em menor extensão, répteis e anfíbios) (COLWELL; CODDINGTON, 1994). Entretanto, os vertebrados representam menos do que 2% de todas espécies descritas (GASTON, 2000).

Dentre os animais, os insetos pertencem a um grupo que sofre as conseqüências da fragmentação do habitat, principalmente por mudanças microclimáticas. Além disso, pelo fato de os insetos fitófagos representarem aproximadamente 50% de todas as espécies de insetos (STRONG et al., 1984), considera-se que mudanças sobre estas espécies prejudicariam também o desenvolvimento de suas funções em processos ecológicos mediados por eles, como polinização e dispersão.

O termo biodiversidade é uma simples contração de "diversidade biológica", um conceito que incorpora a soma total da variação biótica; dos genes aos ecossistemas (SILVA; BRANDÃO, 2002). Biodiversidade também é um conceito fundamentalmente multidimensional, isto é, não pode ser reduzida a um único parâmetro. Três medidas conceitualmente diferentes e comumente utilizadas para expressar a biodiversidade são: riqueza de espécies ou o número de espécies em um sítio; a equitabilidade, ou como as abundâncias das espécies estão distribuídas; e medidas de semelhança entre localidades. São parâmetros importantes para medidas de conservação da diversidade (MARGULES; PRESSEY, 2000).

A descrição de uma comunidade na natureza geralmente é dada por uma medida de sua diversidade. Algumas hipóteses tentam explicar as diferenças em diversidade de espécies de inseto, situando os fatores que promovem e permitem o enriquecimento de espécies (PRICE, 1984).

A riqueza deve ser comparada entre duas ou mais comunidades ou áreas por contagem do número de espécies de todas as comunidades ou de amostras dessas. Outro fator a ser considerado é a abundância relativa (equitabilidade). Uma comunidade que possua um número significativo de indivíduos para cada espécie encontrada é dita mais diversa que outra que possua grande número de indivíduos de uma espécie e pequena representatividade de indivíduos em outra espécie (RICKLEFS, 2010).

### 3. REFERÊNCIAS

ALVES, M. L. T. M. F. Manejo de rainhas na produtividade apícola. **Pesquisa & Tecnologia**, v.9, n.1, 2012.

ALVES, J. E.; FREITAS, B. M. Requerimento de polinização da goiabeira. **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1281- 1286, 2007.

ALVES, J. E.; FREITAS, B. M. Comportamento de pastejo de cinco visitantes florais nas flores da goiabeira (*Psidium guajava*). **Ciência Agrônômica**, v.37, n.02, p.216-220, 2006.

ALVES, J. E. **Eficiência de polinização de cinco espécies de abelhas na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.)** 2000. 140p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

BACAXIXI, P.; et al. **A importância da apicultura no Brasil**. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, v.10, n.20, p.1-6, 2011.

BALLIVIÁN, J. M. P. P. **Abelhas Nativas sem Ferrão** - São Leopoldo: Editora Oikos. 2008. 128p.

BARBOSA, D. et al. **As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização**. Revista Eletrônica Científica da UERGS, v.3, n.4, p.694-703, 2017.

BOMMARCO, R.; KLEIJN, D.; POTTS, S. G. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. **Trends Ecol. Evol.**, v.28, p.230-238, 2013.

BOTI, J. B.; CAMPOS, L. A. de O.; JUNIOR, P. de M.; VIEIRA, M. F. Influência da distância de fragmentos florestais na polinização da goiabeira. **Revista Ceres**, v.52, n.304, p.863-874, 2005.

BREEZE, T. D.; BAILEY, A. P.; BALCOMBE, K. G.; POTTS, S. G. Pollination services in the UK: How important are honeybees? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 142, p.137-143, 2011.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. **Meliponini Lepeletier, 1836**. In MOURE, J.S.; URBAN, D.; MELO, G.A.R. (Orgs.), Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region, 2013, p.272-578.

CASTRO, M. S. As abelhas sem ferrão como importantes polinizadores de culturas agrícolas tropicais. **Mensagem Doce**, n. 80, p. 11-12, 2005.

COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**. 2ª ed. Jaboticabal: Funep. 2002. 191p.

COSTA, C. C. de A.; OLIVEIRA, F. L. Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p.1-10, 2014.

COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Phil. Transl. R. Soc. London B**, n.345, p.101-118, 1994.

CUNHA, D. A. da S.; NÓBREGA, M. A dos S.; JUNIORA, W. F.A. Insetos Polinizadores em Sistemas Agrícolas. **Ensaios Cienc., Cienc. Biol. Agrar. Saúde**, v.18, n.4, p.185-194, 2014.

D'ÁVILA, M.; MARCHINI, L.C. Polinização realizada por abelhas em culturas de importância econômica no Brasil. **B. Industr. Anim.**, v.62, n.1, p.79-90, 2005.

FAO. **Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para La agricultura sostenible em países de Latino América y El Caribe**. Organización de las Naciones Unidas para La Alimentación y la Agricultura, Chile. 2014.

FAO. **Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: A handbook for its use**. Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome. 2011.

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. **Polinização Agrícola e sua Importância no Brasil**. In IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. Polinizadores no Brasil. Edusp: São Paulo. 2012.p.103-118.

FREITAS, B. M. **As abelhas como agentes polinizadores na produção de alimentos e conservação de recursos florais**. In: Simpósio da 43ª Reunião Anual da SBZ. Anais... João Pessoa – PB, p.780-788, 2006.

FREITAS, B. M. **A vida das abelhas**. Craveiro & Craveiro - UFC, Fortaleza CE. 1999. (Livro em CDRom).

GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecol. Econ.**, v.68, p.810-821, 2009.

GAMITO, L. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. Visitantes florais e produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 4, p. 483-488, 2006.

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

GARIBALDI, L. A. et al. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v.351, p.30-44, 2016.

GASTON, K.J. Global patterns in biodiversity. **Nature**, n.405, p.220-227, 2000.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, p. 849-857, 2015.

GODFRAY, H. C. J.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D. et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v.327, p.812-818, 2010.

GREENLEAF, S. S.; KREMEN, C. Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.**, v.103, p.13890-13895, 2006.

HEGLAND, S. J.; NIELSEN, A.; LÁZARO, A.; BJERKNES, A. L.; TOTLAND, O. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? **Ecology Letters**, v.12, p.184-195, 2009.

ITAGIBA, M. G. O. R. **Noções básicas sobre a criação de abelhas**. Ed. Nobel. 1997. 110p.

IMPERATRIZ FONSECA, V. L.; KOEDAM, D.; HRNCIR, M. **A abelha jandaíra: no passado, presente e no futuro**. Mossoró: Ed. UFERSA, 2017, 254p.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES D. A.; SARAIVA, A. M. (orgs) **Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. EDUSP, 2012. p. 213- 236.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.59-62. 2010.

JACKSON, L. E.; PASCUAL, U.; HODGKIN, T. Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.121, n.3, p.196-210, 2007.

KENNEDY, C. M.; et al. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. **Ecol. Lett.**, v.16, p.584–99. 2013.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; SILVA, A. C.; ASSIS, M. G. P. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. **Revista Parcerias Estratégicas**, v.6, n.12, p.20-41. 2001.

KING, C.; BALLANTYNE, G.; WILLMER, P. G. Why flower visitation is a poor proxy for pollination: measuring single - visit pollen deposition, with implications for pollination networks and conservation. **Methods in Ecology and Evolution**, v.4, n.9, p.811-818, 2013.

KLEIN, A. M.; VAISSIERE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, A. S.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proc R Soc Lond B BiolSci**, v.274, p.03-313, 2007.

KREMEN, C. **Pollination services and community composition: does it depend on diversity, abundance, biomass or species traits?** In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. P. (Eds.) *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária UFC, 2004. p.115-124.

- LANDIS, D. A. Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. **Basic and Applied Ecology**, v.18, p.1-12. 2017.
- MACHADO, I. C.; LOPES, A. V. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. **Annals of Botany**, v.94, p.365-376, 2004.
- MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. “Catuaí Vermelho”. **Científica**, v.40, n.1, p.1–11. 2012.
- MARGULES, C.R.; PRESSEY, R.L. Systematic conservation planning. **Nature**, n.405, p.243-253, 2000.
- MARTÍN, L. O. A.; CASTIEL, A. F.; SANDOVAL, E. V. **Guía de Campo de los polinizadores de España**. Ediciones Mundi-Prensa, 2015. 364p.
- MAYER, C. et al. Pollination ecology in the 21 century: key questions for future research. **Journal of Pollination Ecology**, v.3, p.8-23, 2011.
- MEDINA, J. C. **Goiaba I: Cultura**. In: Instituto de tecnologia de alimentos. Goiaba: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2 ed. rev. e ampl. Campinas, 1988. p.1-120.
- MICHENER, C. D. **The bees of the world**. Second Ed. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2007. 972p.
- NATALE, H.; PRADO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D. **Goiabeira**. In: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. p. 104-124.
- NEVES, E. L. das. **Polinização de espécies nativas da caatinga e o papel da abelha exótica *Apis mellifera* L.** 2008. 146p. Tese (Doutorado em Ciências Botânica) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.
- NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão (Meliponinae)**. Editora Nogueirapis: São Paulo. 1997. 446p.
- OLIVEIRA, M. O. Declínio populacional das abelhas polinizadoras de culturas agrícolas. **Acta Apicola Brasilica**, v.03, n.2 (Especial), p.01 – 06, dez, 2015.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v.120, p.321-326. 2011.
- PEREIRA, F. M.; NACHTIGAL, J. C. **Goiabeira**. In: BRUCKNER, C. H. (Ed.). Melhoramento de fruteiras tropicais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p.267-289.
- PEREIRA, F. M. **Rico e Paluma**: Novas cultivares de goiabeira. Comunicação Técnica. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. Anais. Florianópolis, SBF/EMPASC, p.524–528, 1984.

PEREIRA, M.; GARÓFALO, C. A. Biologia da nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. **Oecol. Aust.**, v.14, p.193-209, 2010.

PINHEIRO, M.; GAGLIANONE, M. C.; NUNES, C. E. P.; SIGRIST, M. R.; SANTOS, I. A. **Polinização por Abelhas**. In: Biologia da Polinização. RECH, A.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (orgs.). Editora Projeto Cultural. Rio de Janeiro, 2014. 524p.

PIZA JÚNIOR, C.T. **A poda da goiabeira de mesa**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. 30p.

POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, n. 25, p.345-353, 2010.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.; NGO, H. T.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v.540, n.7632, p.220, 2016.

PRICE, P. W.; WESTOBY, M.; RICE, B.; ATSATT, P. R.; FRITZ, R. S.; THOMPSON, J. N.; MOBLY, K. Parasite mediation in ecological interactions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.17, p.487-505, 1986.

RECH, A. R. et al. **Biologia da polinização**. Revisora editorial Ceres Belchior, Rio de Janeiro: Projeto cultural. 201. 2014. 527p.

RECH, A. R.; WESTERKAMP, C. **Biologia da polinização: uma síntese histórica**. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E. G. M.; MACHADO, I. C. S. 2014. Biologia da polinização. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro. 2014. 524p.

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. 6ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2010. 546p.

RICKETTS, H. T. Tropical forest fragments enhance pollinators activity in nearby coffee crops. **Conserv. Biol.**, v.18, n.5, p.1262-1271, 2004.

RICKETTS, H. T. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecol. Lett**, v.11, p.499-515, 2008.

ROBERTO, G. B. P. et al. **As abelhas polinizadoras nas propriedades rurais**. Rio de Janeiro: Funbio, 2015. 32p.

SANTOS, A. B. Abelhas nativas: polinizadores em declínio. **Natureza online**, v.8, n.3, p.103-106, 2010.

SANTOS, F. M.; CARVALHO, C. A. L. de; SILVA, R. F. Diversidade de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma área de transição Cerrado-Amazônia. **Acta Amazônica**, v.34, n.2, p.319-328, 2004.

SANTOS, R. F.; KIILL, L. H. P.; ARAÚJO, J. L. P. Levantamento da flora melífera de interesse apícola no município de Petrolina-PE. **Revista Caatinga**, v.19, n.3, p.221-227, 2006.

SEZERINO, A. A.; ORTH, A. I. Limitações ao uso de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) para a polinização dirigida de cultivares: um estudo de caso com a pereira-portuguesa (*Pyrus communis* L. cv. Rocha). **Biotemas**, v.28 (2): p.73-86, 2015.

SILVA, C. A. et al. Variação na arquitetura floral e sucesso reprodutivo de duas espécies de *Helicteres* (Malvaceae), na região sudoeste de Mato Grosso. **Acta Botanica Brasilica**, v.24, n.2, p.462-468, 2010.

SILVA, R.R.; BRANDÃO, C.R.F. Estimativas globais de biodiversidade e estimadores locais de riqueza de Espécies. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, Manaus. **Resumos...** (Palestra), Manaus: SEB, p.19, 2002.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte: Fundação Araucária, 2002. 253p.

SOUSA, J. K. G.; COSTA, H. B.; GUIMARÃES-BRASIL, M. O.; BRASIL, D. F.; SOUZA, E. A. Frequência e comportamento de visitantes florais na algarobeira (*Prosopis juliflora* (Sw) DC. em Alexandria-RN. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.12, p.221-229, 2016.

SOUZA, D. L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A. As abelhas como agentes polinizadores. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.3, n.3, p.1-3, 2007.

STRONG, D. R.; LAWTON, J. H.; SOUTHWOOD, R. Insects on plants: community patterns and mechanisms. **Blackwell Scientific**. p.257-293, 1984.

TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v.418, n.6898, p.671-677, 2002.

TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **Flores e animais: uma introdução à historia natural da polinização**. In: DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. *Ecologia das interações plantas-animais: Uma abordagem ecológico-evolutiva*. Technical Books Editora. 2012. 336p.

VIANA, B. F. Biodiversidade e suas aplicações: parcerias entre Brasil e Canadá, resultados e perspectivas futuras. **Interfaces Brasil/Canadá**, n.9, p.197-210, 2008

VICENTE, P.; RUI, M. M. S. A utilização de *Bombus terrestris* (L.) na polinização de pomares de macieiras cv. 'Galaxy'/M9 EMLA. INIAV, I.P. **Vida Rural**, n.1824, p.30-33, 2017.

WASER, N. M.; OLLERTON, J. **Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization**. University of Chicago Press. 2006. 488p.

WESTERKAMP, C.; GOTTSBERGER, G. Review and interpretation: diversity pays in crop pollination. **Crop Science**, v.5, n.0, p.1209-1222, 2000.

WILLCOX, B. K.; AIZAN, M. A.; CUNNINGHAM, S. A.; MAYFIELD, M. M.; RADER, R. Deconstructing pollinator community effectiveness. **Current Opinio in Insect Science**, v.21, p.98-104, 2017.

WRATTEN, S. D.; GILLESPIE, M.; DECOURTYE, A.; MADER, E.; DESNEUX, N. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 159, p.112-122, 2012.

WILLMER, P. **Pollination and Floral Ecology**. New Jersey: Princeton University Press. 2011. 828p.

WINFREE, R.; AGUILAR, R.; VAZQUEZ, D.P; LEBUHN, G.; AIZZEN, A. A meta-analysis of bees responses to anthropogenic disturbance. **Ecology**, v.90, p.2068-2076, 2009.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B. **Abelhas na Polinização da Canola: benefícios ambientais e econômicos**. Porto Alegre. 2014. 71p.

**4. ARTIGO 1 –  
DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DE ABELHAS EM POMARES DE GOIABEIRA  
(*Psidium guajava* L., MYRTACEAE) NO ALTO SERTÃO SERGIPANO**

## RESUMO

*Psidium guajava* L. (goiaba) é uma cultura economicamente relevante e amplamente difundida no nordeste do Brasil. Com o objetivo de registrar a diversidade e abundância de abelhas, experimentos foram estabelecidos, e coletas foram efetuadas entre maio e dezembro de 2017, em dez lotes irrigados localizados no perímetro irrigado Califórnia em Canindé do São Francisco-SE a 09° 39' 36" S, 37° 47' 22" W e no perímetro irrigado Jacaré Curitiba em Poço Redondo-SE a 09° 48' 18" S, 37° 41' 04" W. Em cada lote foi delimitada a área experimental de 25 x 50 m. Foram coletadas 740 abelhas, principalmente durante a manhã. Considerando-se o total de indivíduos coletados nos pomares de goiaba, *Trigona spinipes* (Fabricius) e *Apis mellifera* somam 675 indivíduos (91,2%) das abelhas coletadas, destacando-se entre as abelhas eusociais, enquanto as abelhas solitárias tiveram baixa densidade e frequência na flor. A predominância da abelha eusocial nativa *T. spinipes* e da abelha exótica *A. mellifera* resulta do hábito alimentar generalista, por formarem colônias populosas e nidificarem em ninhos aéreos, sendo independente de ocos de árvores. A baixa diversidade e abundância de espécies nativas revela a ameaça aos polinizadores e a necessidade de adoção de práticas amigáveis e redesenho da paisagem nos perímetros irrigados.

**Palavras-chave:** Polinizadores; Polinização; Goiaba; Caatinga.

## ABSTRACT

**DIVERSITY AND ABUNDANCE OF BEES IN POMARES OF GUAVA TREE (*Psidium guajava* L., MYRTACEAE) IN THE NORTH OF SERGIPE**

*Psidium guajava* L. (guava) is an economically relevant and widely cultivated crop in the northeast of Brazil. In order to register bee diversity and abundance, experiments were carried out and collected between May and December 2017 in ten irrigated plots located in the irrigated perimeter California in Canindé do São Francisco/SE at 09° 39 '36 "S, 37° 47 '22 "W and in the irrigated perimeter Curarea Jacaré in Poço Redondo/SE at 09° 48' 18" S, 37° 41 '04 "W. In each lot the experimental area of 25 x 50 m was delimited. 740 bees were collected, mainly during the morning. Considering the total number of individuals collected in guava orchards, *Trigona spinipes* (Fabricius) and *Apis mellifera* add up to 675 individuals (91.2%) of the collected bees, standing out among eusocial bees, while solitary bees had low density and frequency in bloom. The predominance of the native eusocial bee *T. spinipes* and the exotic bee *A. mellifera* results from the generalist food habit, because they form populous colonies and nest in aerial nests, being independent of tree hollows. The low diversity and abundance of native species reveals the threat to pollinators and the need to adopt friendly practices and landscape redesign in irrigated perimeters.

**Key-words:** Pollinators; Pollination; Guava; Caatinga.

#### 4.1. Introdução

As comunidades ecológicas são complexas e dinâmicas, compostas por populações temporalmente variáveis que interagem de formas distintas (SOUZA et al., 2018). Tal dinamismo é influenciado por variações ambientais em associação à escassez de recursos e mudanças nas interações entre espécies (TROJELSGAARD; OLESEN, 2016) principalmente no que diz respeito à diversidade e abundância de visitantes florais.

A forma mais direta e corriqueira de se medir diversidade é usar a riqueza de espécies, que consiste simplesmente no número de espécies que temos numa determinada comunidade ou área de interesse (PEET 1974; WILSEY et al. 2005).

A caatinga é marcada pelo clima tropical semiárido e apresenta grande fragilidade ambiental, devido ao acelerado processo de degradação ambiental na região. No intuito de minimizar os impactos antrópicos negativos são desenvolvidas alternativas de convivência sustentável. Estes sistemas adotam práticas ecologicamente sustentáveis de exploração que favorecem a existência dos serviços ambientais (BEZERRA et al., 2011).

A chamada agricultura sustentável procura utilizar, de forma inteligente, os serviços prestados pelo ecossistema, com destaque para aqueles oferecidos pela polinização (LIMA; ROCHA, 2012).

Como a maioria das plantas está associada a animais para polinização, a dinâmica temporal de plantas e animais em diferentes escalas, deve se traduzir em mudanças importantes na estrutura de redes de interação planta-polinizadores (GONZÁLEZ et al., 2012) sobretudo com o declínio do número e tipos de polinizadores (CARVALHEIRO et al., 2010).

Essa interação possui efeito direto na produção agrícola, especialmente em plantas que dependem de polinizadores para o aumento substancial da produtividade (KLEIN et al., 2007; BOMMARCO et al., 2013).

*Psidium guajava* (goiabeira), é geralmente cultivada em áreas tropicais e subtropicais em todo o mundo (KORIEEM et al., 2018). Caracteriza-se por apresentar altos valores comerciais e nutricionais (KAKUO et al., 2018) sendo considerada fonte principal de vitamina C, carboidratos, ferro, gordura e boa quantidade de cálcio e fósforo (YADAV et al., 2017).

Como é característico de espécies tropicais, *P. guajava* exibe melhor desempenho em produtividade quando exposta a polinização cruzada (DA SILVA et al., 2017) demonstrando que para polinização efetiva e fecundação bem-sucedida, há uma dependência da sincronização da floração entre diferentes cultivares de árvores e da atividade intensiva de polinizadores (SAPIR et al., 2017).

Frequentemente as abelhas, em particular, são polinizadores eficientes (BLITZER et al., 2016) que facilitam a produção de alimentos e o melhoramento de plantas, possibilitando ou melhorando a produção de frutos e sementes (VIZZOTTO et al., 2018). Além disso, o aumento do cruzamento através de polinizadores de insetos conduz a um maior grau de heterozigosidade e, assim, amplia o efeito da heterose na geração subsequente (TOLEDO et al., 2017).

Portanto, o conhecimento de visitantes florais é essencial para avaliar o funcionamento do pomar e a implementação de práticas de manejo para otimizar o ganho e a diversidade das culturas de plantas frutíferas.

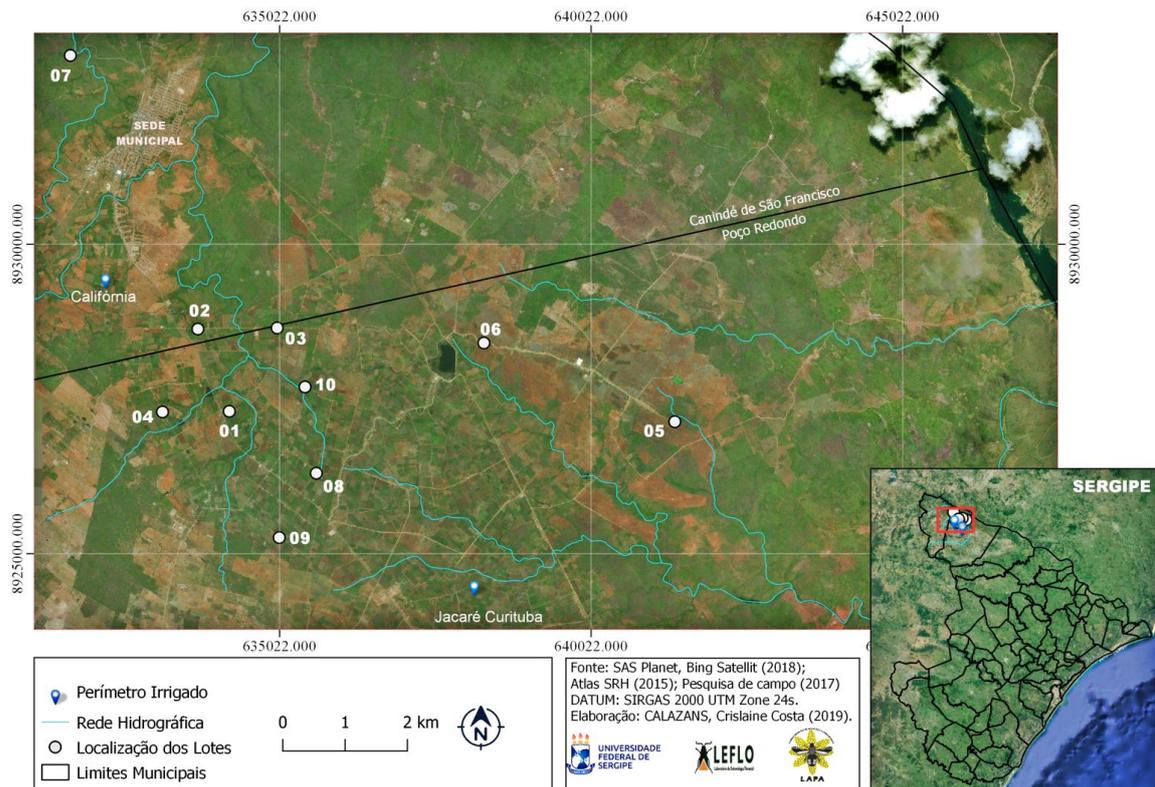
Pesquisas puderam evidenciar que, as abelhas melíferas africanizadas (*Apis mellifera*) são polinizadores eficientes da goiabeira (*P. guajava*) e podem ser utilizadas para assegurar os níveis desejados de polinização dessa cultura (FREITAS; ALVES, 2008). Considerando que estas pesquisas não abordam tais efeitos em condições semi-árida, faz-se necessário estudos que compreendam a relação planta-polinizadores em condição edafoclimática no alto sertão sergipano para melhor compreender os mecanismos fisiológicos e suas interações com fatores climáticos.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) visitantes das flores de goiabeira em pequenas propriedades de áreas irrigadas no alto sertão sergipano. Para isso foram registradas a diversidade e densidade.

## 4.2. Material e Métodos

### 4.2.1. Área de estudo

Os experimentos foram conduzidos em 10 pomares de goiabeiras cultivados em pequenas propriedades localizadas no perímetro irrigado Califórnia, em Canindé do São Francisco/SE e no perímetro irrigado Jacaré Curituba, em Poço Redondo/SE. Pelo sistema de Köppen e Geiger, o clima da região é estepe local com classificação tipo BSh e temperatura média anual 25° C. Foi realizada a identificação das coordenadas para obtenção dos pontos amostrais (Figura 1).



**Figura 1.** Imagem de satélite da localização dos 10 pomares de goiabeiras nos lotes irrigados no perímetro irrigado Califórnia em Canindé do São Francisco-SE e no perímetro irrigado Jacaré Curituba em Poço Redondo-SE.

Foram realizadas entrevistas com os produtores para conhecimento das práticas culturais utilizadas e identificação da ocorrência de áreas naturais próximas ao cultivo. Com os resultados foi elaborada uma matriz de Gut (Tabela 1), atribuindo ao problema destacado as notas de 1 a 5, obtendo-se o grau crítico, pela multiplicação  $G \times U \times T$ . Foi utilizado como delineamento experimental, unidades amostrais de (25 x 50m) demarcados em cada propriedade durante a fase de floração. Para cada unidade amostral foram utilizadas 20 árvores, sendo duas adjacentes (denominamos esse arranjo dois a dois das plantas de “plot”). Para a avaliação de diversidade foram utilizados seis plots, ou seja, 12 árvores e para a abundância quatro plots, que corresponde a oito árvores. Foi ainda realizada amostragem dos insetos voadores em três fragmentos de caatinga no entorno das propriedades realizada com armadilhas coloridas do tipo “pan traps”, em cores azul (9), amarela (9) e branca (9), ( $n = 27$ ) para fins de referência e comparação da diversidade local. As áreas são caracterizadas como remanescentes de caatinga, sem registros de plantações de nenhum tipo de cultura nos últimos 10 anos. A vegetação é baixa com presença predominante de espécies arbustivas algumas em processo de regeneração natural, com altura não superior a 1,5m e algumas espécies arbóreas

distribuídas de forma esparsa, com predominância das espécies: *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Jurema), *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz (Catingueira) e *Croton heliotropiifolius* Kunth (Velame).

**Tabela 1.** Modelo de Matriz de Gut proposta para definição dos lotes com prioridades de ação nas práticas agrícolas adotadas pelos agricultores das propriedades com cultivo de goiabeiras amostradas nos perímetros irrigados, Sergipe.

Valor	Gravidade	Urgência	Tendência (se nada for feito...)	GxUxT
5	extremamente grave	precisa de ação imediata	irá piorar rapidamente	125
4	muito grave	é urgente	irá piorar em pouco tempo	64
3	Grave	o mais rápido possível	irá piorar	27
2	pouco grave	pouco urgente	irá piorar a longo prazo	8
1	sem gravidade	pode esperar	não irá mudar	1

#### 4.2.2. Avaliação da abundância de polinizadores

Para o monitoramento dos insetos e flores nas áreas, duas pessoas foram utilizadas como coletores. Cada coletor usou dois contadores, sendo um para registrar o número de unidades florais e o outro para registrar o número de visitantes presentes nas unidades florais. Neste caso apenas as visitas das abelhas foram contabilizadas.

O coletor observou as flores expostas e aquelas escondidas, ou seja, não tão expostas na planta, observando um número fixo de 100 unidades por plot (50 unidades florais para cada planta). Em cada plot o tempo transcorrido total para o registro por plot foi de 10min. Os coletores, preferencialmente, percorreram os plots em direções alternadas entre as coletas, de modo a aleatorizar a amostragem. Os registros foram feitos em boas condições meteorológicas para o forrageio das abelhas, durante dois dias consecutivos, durante o período de floração mais intensa no período de maio a dezembro de 2017. Em cada dia os registros foram feitos em três ocasiões (início da manhã, fim da manhã e tarde), levando em consideração o período de antese das flores. Os registros de temperatura e umidade foram obtidos utilizando-se o termohigrômetro

#### 4.2.3. Avaliação da diversidade de polinizadores

A coleta de visitantes florais foi realizada com o auxílio de rede entomológica e frasco tipo Falcon. Dois coletores percorreram em sentido oposto os seis plots (duas plantas adjacentes), totalizando 12 plantas. Em cada planta os visitantes foram coletados durante 5 minutos, mantendo-se a identidade das plantas onde cada espécime foi coletado. Como *Apis mellifera* (abelha africanizada) é uma abelha abundante e foi registrada na contagem de densidade, não foi incluída na planilha de registro. Os Hymenoptera (abelhas) foram mortos em câmara mortífera com acetato de etila.

#### 4.2.4. Identificação dos visitantes florais

Os exemplares coletados foram montados em alfinetes entomológicos, devidamente etiquetados e inclusos na entomoteca do Laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal de Sergipe (LEFLO). Posteriormente, foram identificados com o auxílio da Dra. Favizia Freitas de Oliveira e depositados - MZUFBA e depositados na coleção entomológica da Universidade Federal da Bahia.

#### 4.2.5. Análise de similaridade

Para o teste de similaridade entre os lotes foi utilizado o índice de similaridade de Jaccard, que consiste no estabelecimento de presença e ausência da espécie, utilizando o programa PAST (PAleontological STatistics) versão 3.14.

#### 4.3. Resultados e discussão

Visitantes florais foram observados e coletados em 10 lotes com cultivo de goiabeira distribuídos na região de dois perímetros irrigados do Alto Sertão Sergipano e em uma área de mata nativa na região. De acordo com os produtores entrevistados foi possível distinguir lotes com ocorrência de manchas de vegetação nativa próximas ao cultivo, lotes: 2, 3, 7, 8, 9 e 10. De acordo com a matriz de Gut os lotes: 4, 1 e 5 possuem prioridade de intervenção, pelo nível de práticas agrícolas não amigáveis utilizadas, prejudiciais ao agroecossistema. Os lotes: 3, 6, 9 e 10 foram classificados como mais amigáveis por utilizar práticas agrícolas sustentáveis.

**Tabela 2.** Avaliação das ações que influenciam as atividades agrícolas utilizando a Matriz de Gut das propriedades com cultivo de goiabeiras amostradas nos perímetros irrigados, Sergipe.

Problema	Lote	Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT
Uso de práticas agrícolas não amigáveis	4	5	5	5	125
	1	4	4	5	80
	5	5	4	4	80
	8	5	5	3	75
	7	5	4	3	60
	2	5	5	1	25
	3	3	3	1	9
	9	2	1	1	2
	10	2	1	1	2
	6	1	1	1	1

Em termos de abundância (nº de indivíduos) de visitantes florais foram observados 1215 visitantes e coletados 740 abelhas pertencentes a 14 espécies e 11 gêneros, das quais nove (9) espécies ocorreram nas áreas de cultivo (Tabela 3) e seis (6) ocorreram somente na área nativa. Quatro (4) espécies correspondem a abelhas eusociais e 10 a abelhas solitárias.

Anteriormente a este trabalho as espécies: *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis* (Olivier, 1789), *Centris (Centris) aenea* Lepeletier, 1841 não possuíam registros de ocorrência em cultivos agrícolas em Sergipe de acordo com distribuição geográfica apresentada em um levantamento de espécies de abelhas nativas para avaliação de risco de agrotóxicos (PIRES; TOREZANI, 2018).

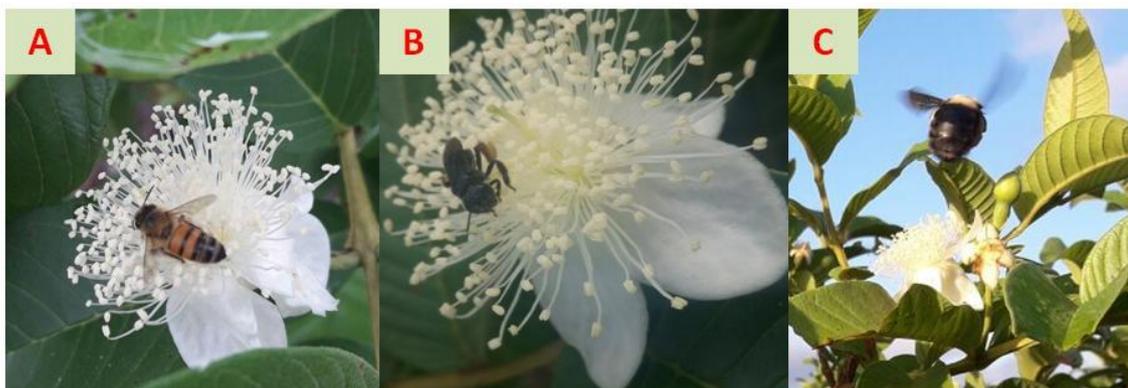
**Tabela 3.** Espécies de abelhas amostradas nos cultivos de goiabeira (*Psidium guajava* cv. Paluma) (n = 10 propriedades) durante os meses de maio a dezembro de 2017, em Canindé do São Francisco e Poço Redondo, Sergipe.

Família	Visitante floral/Nome científico	Sociabilidade
ANTHOPHORIDAE	<i>Centris (Centris) aenea</i> Lepeletier, 1841	Solitária
	<i>Centris (Trachina) fuscata</i> Lepeletier, 1841	Solitária
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i> Spinola, 1853	Solitária
	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	Solitária
	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i> Lepeletier, 1841	Solitária
APIDAE	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	Eusocial
	<i>Augochloropsis</i> sp.	Eusocial
	<i>Dialictus opacus</i> (Moure, 1940)	Eusocial
	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	Eusocial

Considerando-se o total de indivíduos coletados nos pomares de goiaba, *Trigona spinipes* (Fabricius) e *A. mellifera* somam 675 indivíduos (91,2%) das abelhas coletadas, destacando-se entre as abelhas eusociais, evidenciando a importância da contribuição dessas espécies no manejo da goiabeira, enquanto as abelhas solitárias tiveram baixa densidade e frequência na flor. Resultado semelhante foi encontrado por Barbosa et al. (2016) os quais destacaram a *A. mellifera* e *T. spinipes* como abelhas mais frequentes nas flores de goiabeira logo após a sua antese. Os autores atribuem tal comportamento ao fato de serem espécies que apresentam colônias populosas.

Espécies mais abundantes em fitofisionomias agrícolas possuem hábito generalista - como *A. mellifera* (GARIBALDI et al., 2013), por visitarem uma vasta variedade de recursos florais. Em trabalho realizado, a *A. mellifera* foi bastante frequente no pomar e procurava as flores das goiabeiras em grandes quantidades, principalmente nas primeiras horas do dia (FREITAS; ALVES, 2008). Já a baixa frequência das mamangavas pode ser justificada pelo baixo nível de sociabilidade dessa abelha, pois não forma colônias (Figura 2).

Assim como em outros estudos no Brasil (GIANNINI et al., 2015) a família Apidae foi mais representativa no cultivo de goiaba. As duas espécies mais abundantes e frequentes em goiabeira, *Trigona spinipes* e *Apis mellifera*, são consideradas importantes nas redes de interação com plantas (KLEINERTAND; GIANNINI, 2012). Ambas possuem características que favorecem sua tolerância às condições ambientais dos agroecossistemas, dentre elas a amplitude de nicho trófico, a adaptabilidade às condições ambientais do semiárido, a independência de ocos de árvores para a nidificação e o comportamento defensivo (MICHENER, 2007). Além disso, formam colônias perenes e numerosas, o que aumenta a probabilidade de registro nos levantamentos. Nota-se, porém, diferenças em termos do papel dessas espécies na polinização efetiva da goiabeira e outros cultivos localmente devido a atributos de morfologia e comportamento nas flores. As observações do comportamento e porte corporal da abelha *T. spinipes* indicam que esta atua como visitante, mas não como polinizador efetivo da goiabeira, assim como sugerido por outros estudos para esta cultura (GIANNINI et al., 2015). No entanto, o papel de *T. spinipes* como polinizador efetivo da goiabeira é questionado por outros estudos (GUIMARÃES et al., 2009) que a consideram potencial polinizador (GUIMARÃES et al., 2009). Os dados deste estudo sugerem que a abelha africanizada atua como principal polinizador, em virtude da frequência esporádica e baixa frequência de espécies dos gêneros *Xylocopa* e *Centris*, considerados como polinizadores efetivos da goiabeira no semiárido (SIQUEIRA et al., 2005; ALVES; FREITAS, 2007).



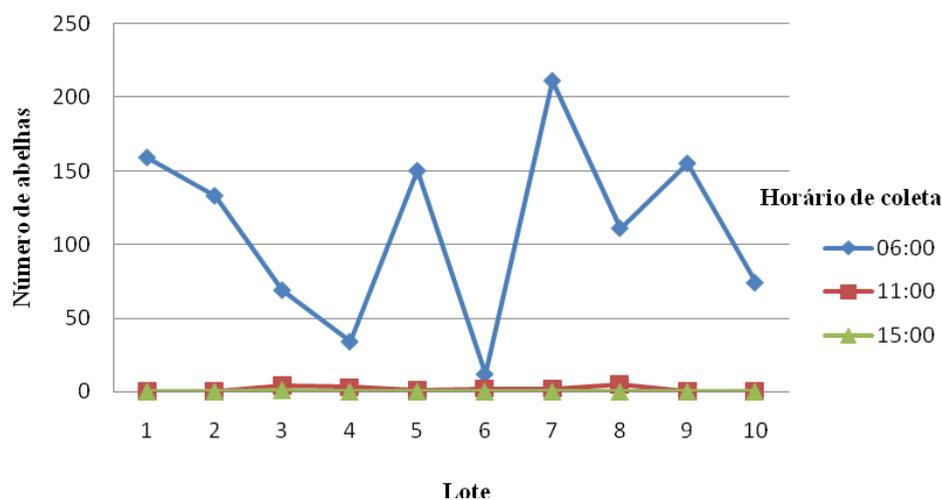
**Figura 2.** Visitantes florais em flores de goiabeira (*Psidium guajava* L.): A – *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) (Eusocial), B – *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) (Eusocial) e C – *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *cf. frontalis* (Olivier, 1789) (Solitária).

Espécies da tribo Meliponini como as do gênero *Melipona* spp., que também figuram como polinizadores potenciais da goiabeira não foram amostradas. *Melipona quadrifasciataanthidioides* podem ser manejadas para polinização de fruteiras (VIANA, 2015), havendo técnicas de manejo racional. A sua função como polinizadora justifica-se por possuir colônias perenes, comportamento não agressivo, concentração nas fontes florais mais importantes durante o forrageio e constância floral, com indivíduos especializando-se a exploração de uma única fonte floral durante certo tempo, o que aumenta a probabilidade de polinização eficiente (SLAA et al., 2006).

O pico de visitação das flores de goiabeira concentrou-se no horário de 6:00 horas (Figura 3), quando havia maior número de flores abertas, grande disponibilidade de pólen e forte odor da flor atraindo as abelhas. Nesse período obteve-se 97% das abelhas coletadas, maior riqueza (9 espécies) e abundância (729 espécimes). Estudos corroboram os dados obtidos, validando o período da manhã como o maior pico de atividade de forrageio nas flores (SCHOENINGER et al., 2010; RIOS et al., 2010). Nesse horário de 6:00 horas a temperatura média registrada foi 23,4°C e a maior umidade relativa do ar com 83%.

Visitas no horário de 11:00 horas foram raras e apenas uma (1) abelha foi registrada durante as visitas no período da tarde (15:00 horas). Dessa forma, para trabalhos semelhantes em região do Alto Sertão Sergipano sugere-se a realização das coletas apenas durante o período matutino, visando diminuir o esforço de coletas.

A variável temperatura pode ter influenciado na densidade de visitantes florais obtidas nas coletas realizadas pela manhã. Não foi possível observar relação entre umidade e a densidade de visitantes florais. Corroborando com resultados obtidos por alguns autores ao relatar que fatores abióticos influenciam bastante as taxas de visitas, pois a combinação de altos valores de luminosidade e temperatura favorece as visitas, o contrário ocorrendo em relação à umidade relativa do ar. Baixas temperaturas, vento e baixa insolação podem diminuir a capacidade de vôo das abelhas (KAPYLA, 1974; BURRIL; DIETZ, 1981; KEVAN; BAKER, 1983; MORATO; CAMPOS, 2000), principalmente das abelhas solitárias, que possuem baixa capacidade termorregulatória (EICKWORT; GINSENBURG 1980; MORATO; CAMPOS 2000).



**Figura 3.** A – Número de abelhas nas coletas efetuadas às 6:00 horas, 11:00 horas e 15:00 horas nos 10 pomares de goiabeiras, em lotes irrigados no perímetro irrigado Califórnia em Canindé do São Francisco/SE e no perímetro irrigado Jacaré Curitiba em Poço Redondo/SE.

A *T. spinipes* foi observada nos 10 lotes estudados. As abelhas de maior porte do gênero *Xylocopa* visitaram as flores da goiabeira somente durante o início da manhã. A grande maioria dos visitantes foi registrada nos pomares próximos dos fragmentos de vegetação nativa. Autores destacam em seus trabalhos a importância da proximidade dos cultivos agrícolas a ambientes naturais, ou seminaturais, visando garantir maior diversidade de visitantes e dos serviços de polinização (GUIMARÃES et al., 2009; KLEIN et al., 2007; KREMEN et al., 2007).

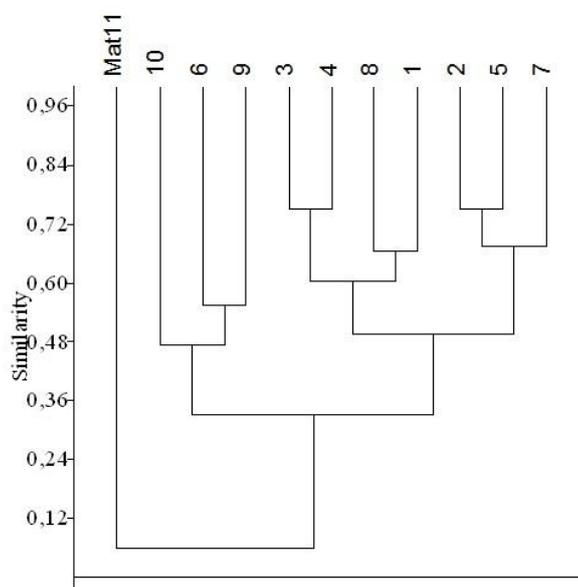
A área nativa exibiu maior número de espécies exclusivas (*Ancyloscelis apiformis*; *Melitomella griseascens*; *Melitoma segmentaria*; *Melissodes* sp. e *Psaenythia* sp.) possivelmente devido a heterogeneidade de recursos florais. Dois (2) gêneros ocorreram tanto na área de mata quanto nos cultivos (*Dialictus opacus*; *Augochloropsis* sp.) (Tabela 3). *Dialictus opacus* é citada com importância no forrageamento de espécies vegetais nativas em estudos no nordeste do Brasil. Espécie predominante em levantamento realizado em uma área de caatinga na Bahia (AGUIAR; ZANELLA, 2005).

**Tabela 4.** Espécies de abelhas amostradas em fragmento próximo a cultivos de goiabeira (*Psidium guajava* cv. Paluma), em dezembro de 2017, em Canindé do São Francisco, Sergipe. Seguindo-se a metodologia proposta por Moreira et al., (2016).

Família	Visitante floral/Nome científico	Sociabilidade
ANDRENIDAE	<i>Psaenythia</i> sp.	Solitária
ANTHOPHORIDAE	<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)	Solitária
	<i>Melissodes</i> sp.	Solitária
APIDAE	<i>Ancyloscelis apiformis</i> (Fabricius, 1793)	Solitária
	<i>Augochloropsis</i> sp.	Eusocial
	<i>Dialictus opacus</i> (Moure, 1940)	Eusocial
	<i>Melitomella griseascens</i> (Ducke, 1907)	Solitária

A análise de similaridade de visitantes confirma a suposição que se baseia no maior número de espécies presentes em ambientes mais diversos (Figura 4). A área de mata nativa e os lotes 6, 9 e 10 localizados próximos à área de mata apresentam maior similaridade. Fato que pode ser relacionado à maior diversidade de recursos. Pois, havendo mais recursos, maior será o número de espécies (PYWELL et al., 2006; BROSI, 2008). Pelo teste de similaridade

podemos distinguir três (3) grupos (Figura 4). Os lotes 6, 9 e 10 que foram relacionados pela matriz de Gut como os mais amigáveis estão em nível de similaridade, mais próximos à área de mata. O gráfico de similaridade distingue dois grupos: grupo 1 (Mat 11, lote 6, lote 9 e lote 10) e grupo 2 (lotes: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8).



**Figura 4.** Teste de similaridade dos visitantes florais da goiabeira (*Psidium guajava*) (cv. Paluma) em 10 pomares, durante os meses de maio a dezembro de 2017, em uma área de mata nativa em Canindé do São Francisco e Poço Redondo – Sergipe).

Fonte: Software Past.

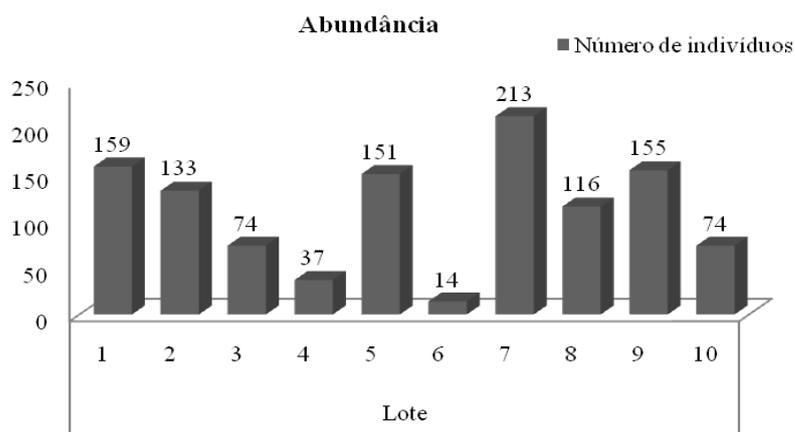
Quanto a abundância, o lote 7 teve maior número de indivíduos (espécimes). Já o lote 6 apresentou menor abundância. Em relação à riqueza, o lote 9 apresentou maior quantidade de espécies (9 espécies), já para o lote 1 foi observada baixa diversidade ocorrendo apenas duas (2) espécies (Tabela 5). Em países em desenvolvimento, o desmatamento e a destruição das áreas naturais são apontados como principais causas de ameaça aos polinizadores (AIZEN et al., 2008). Por outro lado, áreas que possuem vegetação nativa apresentam, geralmente, grande número de espécies vegetais que servem como fonte de néctar e pólen para polinizadores, através do florescimento contínuo ao longo do ano, sendo utilizadas também para nidificação, descanso e reprodução (PINHEIRO; FREITAS, 2010).

Desse modo, em situações de limitação dos serviços de polinização, para que seja diversificado o uso das espécies polinizadores na agricultura, é aconselhado a conservação das áreas naturais para o fornecimento de recursos para os polinizadores e a preferência para sistemas agroflorestais (GHAZOUL, 2005).

As condições dos cultivos de fruteira e entorno das áreas irrigadas permitem a existência de espécies generalistas e tolerantes, com a escassez ou ausência de espécies solitárias e espécies eusociais (*Meliponas* spp.) dependentes de substratos específicos para a nidificação e fontes de recursos florais. A ausência de espécies especialistas revela a ameaça aos serviços de polinização da goiabeira e de outras espécies cultivadas no perímetro. Por exemplo, espécies do gênero *Centris* são os principais polinizadores da acerola (família Malpighiaceae), uma fruteira cujo cultivo vem crescendo nos perímetros irrigados.

**Tabela 5.** Diversidade e abundância das espécies de abelhas coletadas em 10 lotes de goiabeiras (*Psidium guajava* L.), no período de maio a dezembro de 2017, nos lotes irrigados no perímetro irrigado Califórnia em Canindé do São Francisco-SE e no perímetro irrigado Jacaré Curituba em Poço Redondo-SE.

		Diversidade e abundância por lote									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Número de espécies</b>		2	3	4	3	4	5	4	3	9	4
<b>Número de indivíduos</b>		159	133	74	37	151	14	213	116	155	74



**Figura 5.** Abundância das espécies de abelhas coletadas em 10 lotes de goiabeiras (*Psidium guajava* L.) no período de maio a dezembro de 2017, nos lotes irrigados no perímetro irrigado Califórnia em Canindé do São Francisco-SE e no perímetro irrigado Jacaré Curituba em Poço Redondo-SE.

A baixa diversidade de abelhas nativas reflete no baixo incremento na produção de frutos oriundos da polinização natural (7,5%) em relação à autopolinização, obtida no presente estudo (ver capítulo 02). Apesar da maioria das propriedades amostradas adotarem práticas amigáveis, a paisagem parece influenciar ainda mais a diversidade de abelhas. Faz-se necessário ações de incentivo à criação racional de abelhas e redesenho da paisagem para aumentar as populações de abelhas nativas, de modo a contribuir com a biodiversidade local e polinização de outras culturas dependentes do perímetro irrigado. Aliada a isso, o incentivo a adoção de práticas agroecológicas, com a redução ou substituição completa de agrotóxicos e o redesenho da paisagem, pode contribuir para amenizar as condições inóspitas à biodiversidade neste agroecossistema, compatibilizando conservação e sustentabilidade na produção agrícola.

#### 4.4. Conclusões

As áreas de cultivo de goiabeira avaliadas apresentaram baixa diversidade, sendo que a visitação dos pomares pelas espécies observadas indica potencial para aumentar a produtividade do cultivo, mediante práticas amigáveis de conservação das abelhas. Com esse estudo foram realizados os primeiros registros de espécies novas encontradas na região. A eficiência das espécies de abelhas como polinizadoras da goiabeira requer mais estudos. Sendo esse trabalho o primeiro do tipo em Sergipe. A utilização de práticas não amigáveis de manejo, visando o aumento da produtividade de goiabas e a inexistência de ambientes naturais próximos, pode interferir na diversidade e densidade dos potenciais polinizadores

encontrados nos cultivos agrícolas. Considera-se a necessidade de pesquisas dos potenciais polinizadores da goiabeira, nas diferentes regiões, visando à identificação, a criação e a preservação desses insetos.

#### 4.5. REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. M. L.; ZANELLA, F. C. V. Estrutura da Comunidade de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformis) de uma Área na Margem do Domínio da Caatinga (Itatim, BA). **Neotropical Entomology**, v.34, n.1, p.15-024, 2005.

AIZEN, M.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAM, S. A.; KLEIN, A. M. Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. **Current Biology**, v.18, n.20, p.1572-1575, 2008.

ALVES, J. E.; FREITAS, B. M. Requerimento de polinização da goiabeira. **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1281-1286, 2007.

BARBOSA, B. C.; PASCHOALINI, M.; MACIEL, T. T.; PREZOTO, F. Visitantes florais e seus padrões temporais de atividade em flores de *Dombeya wallichii* (Lindl.) K. Schum (Malvaceae). **Entomotropica**, v.31, n.16, p.131-136, 2016.

BEZERRA, K. R. A. et al. Valoração econômica dos serviços ambientais em um sistema agrossilvipastoril no bioma caatinga. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n.2, p.1-4, 2011.

BLITZER, E. J.; GIBBS, J.; PARK, M. G.; DANFORTH, B. N. Pollination services for apple are dependent on diverse wild bee communities. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.221, p.1-7, 2016.

BOMMARCO, R.; KLEIJN, D.; POTTS, S. G. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. **Trends Ecology Evolution**, v.28, p.230-238, 2013.

BROSI, B. J.; DAILY, G. C.; SHIH, T. M.; OVIEDO, F.; DURAN, G. The effects of forest fragmentation on bee communities in tropical countryside. **Journal of Applied Ecology**, v.45, p.773-783, 2008.

BURRIL, M.; DIETZ, A. The response of honeybees to variation in solar radiation and temperature. **Apidologie**, v.12, p.319-328, 1981.

CARVALHEIRO, L. G.; SEYMOUR, C. L.; VELDTMAN, R.; NICOLSON, S. W. Pollination services decline with distance from natural habitat even in biodiversity rich areas. **Journal of Applied Ecology**, v.47, n.4, p.810-820, 2010.

DA SILVA, S. N.; SILVA, M. A.; MARÇAL, T.; FERREIRA, A.; FONTES, M. M. P.; FERREIRA, M. F. S. Genetic parameters of pollen viability in guava (*Psidium guajava* L.). **Australian Journal of Crop Science**, v.11, n.1, p.1, 2017.

EICKWORT, G. C.; GINSBERG, H. S. Foraging and mating behavior in Apoidea. **Annual Review Entomology**, v.25, p.421-446, 1980.

FREITAS, B. M.; ALVES, J. E. Efeito do número de visitas florais da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.) cv. Paluma. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.1, p.148-154, 2008.

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

GHAZOUL, J. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. **Trends in Ecology and Evolution**, v.20, p.367-373. 2005.

GIANNINI, T. C. et al. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v 46, n.2, p.209-223, 2015.

GONZÁLEZ, A. M.; ALLESINA, S.; RODRIGO, A.; BOSCH, J. Drivers of compartmentalization in a Mediterranean pollination network. **Oikos**, v.121, n.12, p.2001-2013, 2012.

GUIMARÃES, R. A.; PÉREZ-MALUF, R.; CASTELLANI, A. M. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores da goiaba em pomar comercial de Salinas, MG, **Bragantia**, v.68, n. 1, p.23-27, 2009.

LIMA, M. C.; ROCHA, S. D. A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2012. 88p.

KAKUO, S.; FUSHIMI, T.; KAWASAKI, K.; NAKAMURA, J.; OTA, N. Effects of *Psidium guajava* Linn. leaf extract in Japanese subjects with knee pain: a randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel pilot study. **Aging clinical and Experimental Research**, p.1-8, 2018.

KAPYLA, M. Diurnal flight activity in a mixed population of Aculeata (Hymenoptera). **Ann. Entomol. Fenn**, v.40, p.61-69, 1974.

KEVAN, P. G.; BAKER, H. G. Insects as flowers visitors and pollinators. **Annual Review. Entomology**, v.28, p.407-453, 1983.

KLEIN, A. M.; VAISSIERE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, A. S.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proc R Soc Lond B BiolSci**, v.274, p.03-313. 2007.

KLEINERT, A. de M. P.; GIANNINI, T. C. Generalist Bee Species on Brazilian Bee-Plant Interaction Networks. **Psyche**, v.2, p.7, 2012.

KORIEEM, K. M. M.; ARBID, M. S.; SALEH, H. N. Antidiarrheal and protein conservative activities of *Psidium guajava* in diarrheal rats. **Journal of Integrative Medicine**, v .11, p.1391-1398, 2018.

KREMEN, C. et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. **Ecology Letters**, v.10, p.299–314, 2007.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 2007. 972p.

MORATO, E. F.; CAMPOS, L. A. O. Partição de recursos florais de espécies de *Sida linnaeus* e *Mauvastrum coromandelianum* (Linnaeus) Garck (Malvaceae) entre *Cephalurgus anomalus* Moure & Oliveira (Hymenoptera, Andrenidae, Panurginae) e *Melissoptila cnecomala* (Moure) (Hymenoptera, Apidae, Eucerini). **Revista Brasileira de Zoologia**, v.17, p.705-727, 2000.

PEET, R. K. The measurement of species diversity. **Annual Review Ecology, Evolution, and Systematics**. v.5, p.285-307, 1974.

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

PIRES, C. S. S.; TOREZANI, K. R. S. **Seleção de espécies de abelhas nativas para avaliação de risco de agrotóxicos**. Brasília: Ibama. 2018. 84p.

PYWELL, R. F.; WARMAN, E. A.; HULMES, L.; HULMES, S.; NUTTALL, P.; SPARKS, T. H.; CRITCHLEY, C. N. R.; SHERWOOD, A. Effectiveness of new agri-environment schemes in providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. **Biological Conservation**, v.129, n.2, p.192–206, 2006.

RIOS, P. A. F; SILVA, J. B. da; MOURA, F. B. P. Visitantes florais de *Aechmea constantinii* (Mez) L. B. Sm. (Bromeliaceae) em um remanescente da Mata Atlântica do Nordeste Oriental. **Biotemas**, v.23, p.29-36, 2010.

SAPIR, G.; BARAS, Z.; AZMON, G.; GOLDWAY, M.; SHAFIR, S.; ALLOUCHE, A.; STERN, E.; STERN, R. A. Synergistic effects between bumblebees and honey bees in apple orchards increase cross pollination, seed number and fruit size. **Scientia Horticulturae**, v.219, p.107-117, 2017.

SCHOENINGER, K.; SOMAVILLA, A.; KOHLER, A. Comunidade de insetos visitantes florais de *Ocimum selloi* Benth (Lamiaceae) em Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. **Biotemas**, v.25, p.55-63, 2010.

SIQUEIRA, K. M. M.; MARTIN, C. F.; SCHLINDWEIN, C.; KILL, L. H. P. Polinizadores efetivos da goiaba (*Psidium guajava*) em área irrigada do submédio do vale do São Francisco. **Ann. Enc. Zool.** v.15, p.260. 2005.

SLAA, E. J.; SANCHEZ CHAVEZ, L. A.; MALAGODI-BRAGA, K. S.; HOFSTEDE, F. E. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v.37, p.293-315, 2006.

SOUZA, C. S.; MARUYAMA, P. K.; AOKI, C.; SIGRIST, M.; RAIZER, J.; GROSS, C. L.; de ARAUJO, A. C. Temporal variation in plant–pollinator networks from seasonal tropical environments: Higher specialization when resources are scarce. **Journal of Ecology**, v.106, p.2409–2420, 2018.

TOLEDO, J. A. M.; JUNQUEIRA, C. N.; AUGUSTO, S. C.; ARIAS, M. C.; BRITO, R. M. Accessing the genetic content of *Xylocopa frontalis* bees (Apidae, Xylocopini) for sustainable management in pollination services of passion fruit. **Apidologie**, v.48, n.6, p.795-805, 2017.

TROJELSGAARD, K.; OLESEN, J. M. Ecological networks in motion: micro and macroscopic variability across scales. **Functional Ecology**, v.30, n.12, p.1926-1935, 2016.

VIANA, B. F. **Plano de manejo para polinização de macieiras da variedade Eva: conservação e manejo de polinizadores para a agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica.** Rio de Janeiro: Funbio, 2015. 56p.

VIZZOTTO, G.; DRIUSSI, E.; PONTONI, M.; TESTOLIN, R. Effect of Flower Pollination on Fruit Set and Cropping in Apple. **American Journal of Agriculture and Forestry**, v.6, n.5, p.156-161, 2018.

WILSEY, B. J.; CHALCRAFT, D. R.; BOWLES, C. M.; WILLIG, M. R. Relationships among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for grassland biodiversity. **Ecology**. v.86(5)p.1178-1184. 2005.

YADAV, K.; BARHOLIA, A. K.; KHAN, R.; PATEL, R. Effect of foliar spray of borax on growth and yield of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Gwalior-27. **International Journal of Chemical Studies**. v.5, n.6, p.495-497, 2017.

## 5. ARTIGO 2

### VISITANTES FLORAIS E FORMAÇÃO DE FRUTOS EM *Psidium guajava* L. (MYRTACEAE) NO ALTO SERTÃO SERGIPANO

#### RESUMO

*Psidium guajava* L. var. *paluma* (Myrtaceae) é a goiaba mais cultivada no Nordeste e mais importante economicamente no Brasil. Esta variedade se beneficia com a polinização cruzada realizada pelos polinizadores, embora seja autocompatível, podendo frutificar por autopolinização. Este estudo objetiva avaliar a influência dos polinizadores na produtividade de frutos de goiaba na região do alto sertão sergipano. As avaliações ocorreram entre os meses de maio e dezembro de 2017, em dez lotes irrigados e localizados no perímetro irrigado Califórnia em Canindé do São Francisco/SE a 09° 39' 36" S, 37° 47' 22" W e no perímetro irrigado Jacaré Curitiba em Poço Redondo/SE a 09° 48' 18" S, 37° 41' 04" W. Em cada lote foram selecionadas e marcadas 36 flores por lote, 12 flores por tratamento (polinização natural, polinização cruzada manual e autopolinização). Os frutos resultantes de polinização foram colhidos após 140 dias para análise das características físico-químicas e nutricionais. A polinização cruzada resultou em maior rendimento ( $n = 73\%$ ,  $n = 108$ ) e menor taxa de aborto (27%) em comparação com a autopolinização (65% de rendimento e 35% de taxa de aborto,  $n = 108$ ). Além disso, a qualidade foi melhor em frutos oriundos de polinização cruzada (diâmetro:  $63 \pm 6$  mm, comprimento:  $82 \pm 12$  mm), espessura de casca ( $1,75 \pm 0,65$  mm), número de sementes ( $327 \pm 30$ ) e rendimento de polpa (57,6%) sólidos solúveis:  $9,3 \pm 1,3$  Brix, e carotenoides totais:  $245 \pm 25$   $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  b. s. *Apis mellifera* é o principal polinizador devido a sua densidade, tamanho corporal e comportamento em flores. Além da cultura avaliada, o sistema agrícola diversificado local pode se beneficiar enormemente dos serviços de polinização fornecidos por abelhas nativas e por *A. mellifera*. Os resultados reforçam a importância dos polinizadores para a produtividade e sugerem a necessidade do manejo da polinização em pomares de goiabeira nas áreas irrigadas do Alto Sertão Sergipano.

**Palavras-chave:** Polinizadores; Serviços ecossistêmicos; Abelhas, Produtividade.

**ABSTRACT****FLORAL VISITORS AND FRUIT FORMATION IN *Psidium guajava* L. (MYRTACEAE) IN THE NORTH OF SERGIPE.**

*Psidium guajava* L. var. *paluma* (Myrtaceae) is the most cultivated guava in the Northeast of Brazil and the most economically important in the country. This variety benefits from the cross-pollination carried out by pollinators, although it is self-compatible and can be self-pollinated. This study aims to evaluate the influence of pollinators on the productivity of guava fruits in the north of Sergipe. The evaluations occurred between May and December 2017, in ten irrigated plots located in the irrigated perimeter California in Canindé do São Francisco/SE at 09° 39' 36" S, 37° 47' 22" W and in the irrigated perimeter Jacaré Curitiba in Poço Redondo/SE at 09° 48' 18" S, 37° 41' 04" W. In each lot were selected and marked 36 flowers per lot, 12 flowers per treatment (natural pollination, manual cross-pollination and self-pollination). The fruits resulting from pollination were collected after 140 days to analyze the physical-chemical and nutritional characteristics. Cross-pollination resulted in higher yield (n = 73%, n = 108) and lower abortion rate (27%) compared to self-pollination (65% yield and 35% abortion rate, n = 108). In addition, the quality was better in fruits from cross-pollination (diameter:  $63 \pm 6$  mm, length:  $82 \pm 12$  mm), bark thickness ( $1.75 \pm 0.65$  mm), seed number ( $327 \pm 30$ ) and pulp yield (57.6%) soluble solids:  $9.3 \pm 1.3$  Brix, and total carotenoids:  $245 \pm 25$   $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  b. s. *Apis mellifera* is the main pollinator because of its density, body size and behavior in flowers. In addition to the evaluated crop, the local diversified agricultural system can benefit greatly from the pollination services provided by native bees and *A. mellifera*. The results reinforce the importance of pollinators for productivity and suggest the need for pollination management in guava orchards in the irrigated areas of the North of Sergipe.

**Key-words:** Pollinators; Ecosystem services; Agroecology; Agroecosystem.

## 5.1. Introdução

A goiaba (*Psidium guajava* L.) é uma árvore nativa dos trópicos americanos, pertencente à família Myrtaceae, cultivada em todas as regiões do Brasil (PEÑA et al., 2002). Estima-se que o Brasil apresenta a maior produção mundial dessa cultura, sendo cultivada nas mais diversas áreas do território do país (FRANCISCO et al., 2010; COSTA et al., 2009). Dentre as frutas tropicais brasileiras, a goiaba tem lugar de destaque, não só pelo seu sabor como também pelo seu valor nutricional (FRANCISCO et al., 2010). Somente em 2017, a produção de goiabas no Brasil foi estimada em 460.515 toneladas coletadas de 20.206 ha. Neste mesmo ano, a região nordeste destacou-se pela produção de 214.478 toneladas coletadas de 10.129 ha (IBGE, 2017).

Esse tipo de produção depende de uma série de variáveis ambientais (temperatura, umidade, solo) e ecológicas (diversidade, abundância e riqueza de polinizadores) como determinantes de padrões produtivos e, principalmente quanto à qualidade dos frutos (GARIBALDI et al., 2013; 2016). Dentre as variáveis ecológicas, a que se referem às atividades dos polinizadores está cada vez mais ameaçada pelas ações antrópicas que avançam sobre os ecossistemas naturais gerando a perda de habitats pela fragmentação das florestas que abrigam os agentes responsáveis pela manutenção do equilíbrio ecológico (GONZÁLEZ-VARO et al., 2013; HADDAD et al., 2015).

No Brasil estima-se que a apifauna reúne 1.678 espécies descritas em cinco famílias: Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Megachilidae e Apidae (SILVEIRA et al., 2002; MOURE; URBAN, 2007). Os polinizadores, no geral, podem ser relacionados aos serviços ecológicos essenciais à qualidade de vida humana, em função da ligação às interações biológicas e a qualidade dos ecossistemas, importantes para reprodução das plantas dando um valor significativo aos produtos dos pomares (POTTS et al., 2016). As abelhas, por exemplo, formam um grupo funcional de polinizadores (Hymenoptera: Apiformes) mais influenciados pelas alterações nos ecossistemas terrestres, em especial, em diversas escalas da paisagem, os grupos específicos de espécies sensíveis (abelhas florais de tamanho corporal pequeno e grande) à redução dos habitats (WINFREE et al., 2007).

Considera-se importante para a diversidade de visitantes florais, dentre outros fatores relevantes, a heterogeneidade ambiental que pode ser explicada por fatores relacionados à idade da borda dos fragmentos florestais para a manutenção e conservação dos mesmos, a fim de se consolidar ações de conservação (RAMOS; SANTOS, 2006). Além disso, sendo fundamental também o conhecimento da biologia reprodutiva das plantas em regiões de clima semiárido, e ainda entender as alterações provocadas diretamente pela ação antrópica somadas às mudanças na configuração estrutural da produção floral e das guildas pertencentes aos polinizadores com efeitos positivos sobre a produtividade (ALMEIDA et al., 2011).

Na investigação da composição, diversidade e comportamento de visitantes florais na polinização por abelhas em culturas de goiaba (*Psidium guajava* L.) tem sido observado maior percentual para a autopolinização espontânea, apesar da frutificação apresentar-se mais significativa do que na polinização natural (SIQUEIRA et al., 2012).

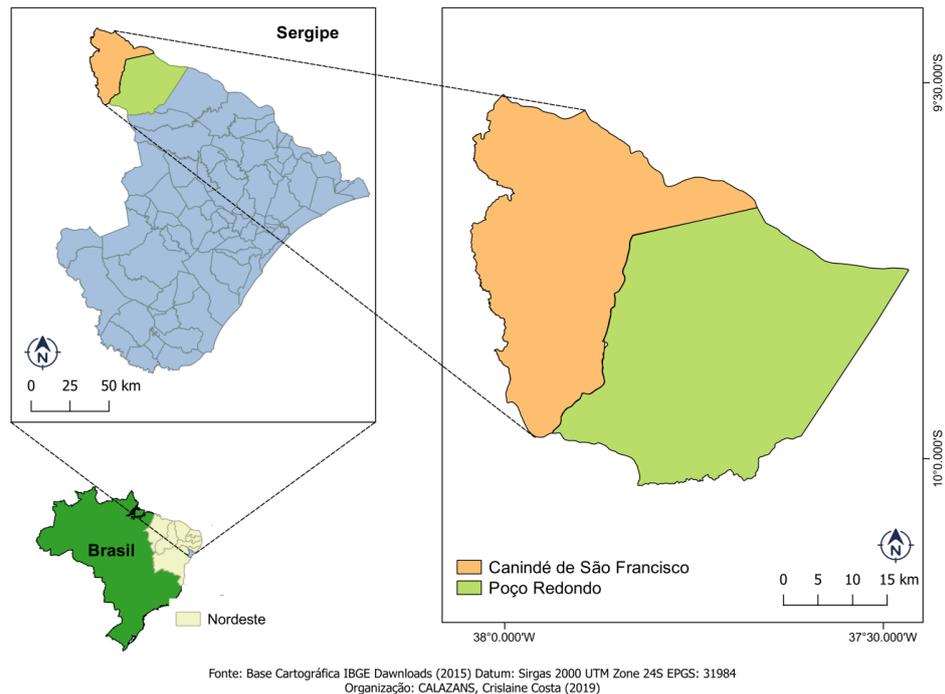
Neste contexto, estudos que ressaltem o conhecimento regional das espécies de abelhas polinizadoras bem como sua influência na qualidade dos frutos produzidos em pomares de goiaba irrigados no Alto Sertão Sergipano são imprescindíveis para o desenvolvimento de programas de conservação das abelhas, auxiliando a produtividade agrícola com base sustentável.

Sendo assim, este estudo objetiva avaliar a influência da composição de polinizadores na produtividade dos pomares de goiaba em perímetros irrigados no Alto Sertão Sergipano.

## 5.2. Material e Métodos

### 5.2.1. Área de estudo

O presente trabalho foi conduzido em nove pomares de goiabeira (*Psidium guajava*), cv. *paluma*, em lotes situados nos perímetros irrigados Califórnia e Jacaré Curitiba, respectivamente em, Canindé de São Francisco (09° 39' 36'' S, 37° 47' 22'' W) e Poço Redondo (09° 48' 18'' S, 37° 41' 04'' W), regiões do alto sertão de Sergipe (Figura 1). Pelo sistema de Köppen e Geiger, o clima da região é estepe local com classificação tipo BSh e temperatura média anual 25° C. A precipitação média varia de 9 mm a 68 mm em Canindé do São Francisco e de 11mm a 73 mm em Poço Redondo.



**Figura 1.** Localização da área de estudo, Canindé do São Francisco e Poço Redondo – Sergipe.

### 5.2.2. Morfologia e biologia floral

Os eventos florais foram caracterizados mediante observação direta em 24 botões florais. Os botões florais foram monitorados desde a abertura da flor até o momento da deiscência (Figura 2). Principal recurso floral dos polinizadores, suas flores são desprovidas de nectários e apresentam quatro pétalas vistosas, carnosas e adocicadas. A flor apresenta em média 60 estames e um estigma situado normalmente acerca de 5 a 7 mm acima do plano das anteras (DUCROQUET et al., 2000). O estigma tornar-se receptivo 24 horas antes da deiscência das anteras, permanecendo receptivo por 10 horas após a deiscência.



**Figura 2.** Flores da goiabeira em diferentes estágios: A – Botão floral; B – Botão floral no início da abertura; C- Flor logo após a abertura; D – Flor em deiscência.

### 5.2.3. Delineamento experimental

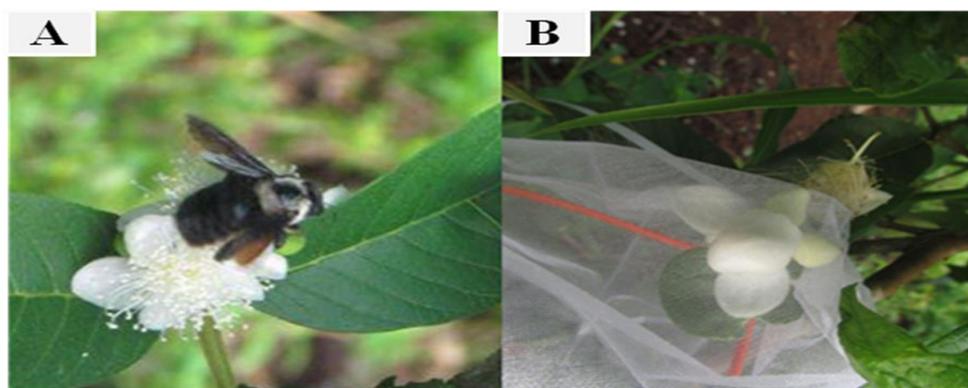
Para realização dos experimentos foi delimitada em cada lote uma área de 25 m x50 m e nessa área foram selecionados três plots, cada plot contendo duas árvores adjacentes, totalizando seis árvores por lote.

Para a verificação da taxa de formação de frutos e influência dos polinizadores na produtividade, 24 flores (n=24) foram selecionadas para cada lote, distribuídas em três plots (6 plantas) sendo marcados dois botões florais em cada planta (n=24) que foi submetida aos seguintes tratamentos:

a) Autopolinização: Procurou-se com este teste avaliar a formação de frutos por autopolinização. Para isso, em uma amostra (n=12), os botões foram marcados e cobertos até a formação dos frutos, estes tiveram a visita por polinizadores impedida usando-se sacos de tecido organza (Figura B).

b) Polinização natural: As flores utilizadas neste teste (n=12) foram marcadas com lacre e numeradas (Figura A) e mantidas livres para visitação e polinização.

Os ensaios foram realizados em nove lotes, nos quais foram avaliadas a quantidade dos frutos e as taxas de aborto após 30 dias. Os frutos de dois lotes foram recolhidos 140 dias após a polinização (antes da época de colheita).



**Figura 3.** A – Polinização natural, B – Autopolinização das árvores da goiabeira (*Psidium guajava*) (cv. Paluma) em 9 pomares, durante os meses de maio a dezembro de 2017, em Canindé do São Francisco e Poço Redondo – Sergipe).

### 5.2.4. Potenciais polinizadores

A composição de espécies e número de visitantes florais foram registrados e coletados durante a fase de floração no período de maio a dezembro de 2017. Os visitantes florais foram observados durante o período de floração, em dois dias, a partir da abertura da flor e classificados de acordo com o comportamento e as características corporais em: PP – potencial polinizador, VF – visitante floral.

### 5.2.5. Análises físico-químicas e nutricionais da goiaba

Os frutos obtidos no tratamento de polinização natural e autopolinização foram analisados quanto ao tamanho considerando o comprimento, obtido da dimensão longitudinal, e o diâmetro médio, obtido da dimensão equatorial, e espessura da casca. Essas medidas foram obtidas com uso de paquímetro e as análises foram realizadas em triplicata. A massa unitária das amostras de goiaba foi obtida com auxílio de uma balança analítica. O número de sementes no fruto foi avaliado mediante contagem unitária, N = número de indivíduos de uma população. As amostras foram avaliadas visualmente quanto à presença de injúrias, danos e presença de contaminação por fungos. A porcentagem de polpa foi obtida pela pesagem da polpa em balança digital, cujo valor foi dividido pela massa total do fruto e multiplicado por 100. A concentração de sólidos solúveis da polpa da goiaba foi determinada em triplicata, com refratômetro de bancada.

A cor da polpa da goiaba foi determinada de acordo com a metodologia descrita (YAM; PAPADAKIS, 2004) com modificações. As amostras de polpa foram colocadas em uma câmara contendo luminária (GIMEX TECHNOLOGY, YJ5851RF) que proporciona uma fonte de luz apropriada e garante a padronização na distribuição da iluminação no meio. Para a captura das imagens foi utilizado uma câmera, 13 MP (Samsung, SM-G570M Portable, Brasil) e padronizada a distância (19 cm) da lente da câmera até a amostra, bem como a angulação da câmera. Uma vez que as imagens coloridas das amostras foram capturadas, a cor foi analisada usando o *software* Photoshop (Adobe Photoshop, CS6, 2012). A cor da polpa foi determinada em escala CIELAB em valores de luminosidade ( $L^*$ , faixa entre o preto e branco, 0-100) e cromaticidade ( $a^*$ , grau de verde a vermelho, -60 para +60; e  $b^*$ , grau de azul a amarelo, -60 para +60).

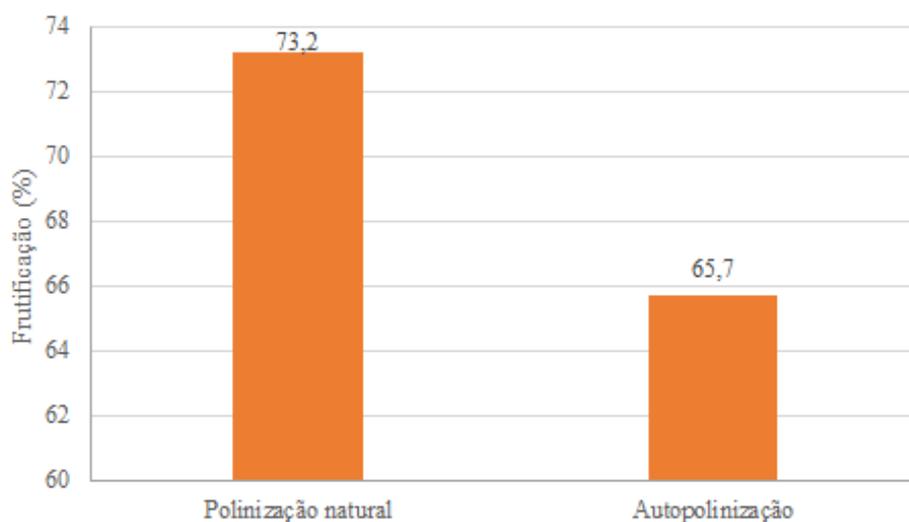
Os carotenoides totais (CAR) presentes nas amostras de goiaba foram determinados em teste de acordo com a metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (2001). Realizou-se a extração dos carotenoides com acetona, seguida de separação em éter de petróleo e diluição em água (100mL). A absorbância foi medida em espectrofotômetro (Medline Scientific, MD-1105, Oxon, Reino Unido), em comprimento de onda de 472nm, usando éter de petróleo puro como branco. Os carotenoides totais (CAR) foram expressos como equivalente de licopeno ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), por ser este o carotenoide mais abundante em goiabas e maior responsável pela coloração vermelha, como dado pela Equação 1.

$$\text{Equação 1: CAR} = \frac{V_d \times A_{bs} \times 10^4}{E_{1\text{cm}}^{1\%} \times m_1}$$

Em que  $V_d$  é o volume da diluição (mL),  $A_{bs}$  é a absorbância e  $E_{1\text{cm}}^{1\%} = 3450$  é a absorvidade do carotenoide predominante no éter de petróleo (licopeno, no presente caso),  $m_1$  é a massa de sólidos secos das amostras (g).

### 5.3. Resultados e discussão

Os frutos de *P. guajava* foram produzidos em todos os tratamentos com polinização avaliados no experimento. A polinização natural resultou em maior rendimento (73%, n = 79) e menor taxa de aborto (26%) em comparação com a autopolinização (65% de rendimento e 34% de taxa de aborto, n = 71) (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Siqueira et al. (2012) que estudaram o comportamento de forrageamento de visitantes florais e contribuição da polinização por abelhas para o sucesso da cultura em *P. guajava* experimentos foram conduzidos com a cultivar Paluma, em Petrolina/PE, em 2005 e 2006.



**Figura 4.** Frutificação em flores de goiabeiras (*Psidium guajava*) (cv. Paluma) polinizadas naturalmente e autopolinizadas inspecionados após 30 dias. Os experimentos de polinização foram realizados em 24 flores por lote, sendo 12 flores por tratamento (em nove lotes) irrigadas em regiões de Canindé de São Francisco e Poço Redondo. A quantificação dos resultados de frutificação foi feita após 30 dias.

Esses resultados reforçam a importância da polinização livre e podem ser explicados pela intensa movimentação das abelhas entre as flores de goiabeira, favorecendo a polinização cruzada (ALVES; FREITAS, 2007).

Estudos que verificam a eficiência das abelhas nativas evidenciaram que houve um aumento significativo no vingamento e fixação de frutos de muitas culturas agrícolas quando as flores foram polinizadas por espécies nativas. Sendo explicado devido ao comportamento apresentado que proporciona uma distribuição efetiva do pólen no estigma, assim como auxiliam em a maior taxa de polinização cruzada, uma vez que costumam visitar flores de muitos indivíduos que se distanciam entre si (GARIBALDI, 2013).

A diversidade, e não apenas a abundância de visitantes florais, é importante para o sucesso da polinização e esse serviço é um dos fatores relacionados à produção. (KLEIN et al., 2003; WESTERKAMP; GOTTSBERGER, 2000). Sendo assim, a polinização torna-se mais eficiente quando as flores são frequentadas por uma grande variedade de visitantes.

As espécies de abelhas encontradas nos cultivos de goiabeira, *Exomalopsis (Exomalopsis) analis*, *Trigona spinipes*, *Augochloropsis* sp., *Dialictus opacus*, foram observadas com comportamento de visitante floral, por não possuírem características de polinizador efetivo (Tabela 1). Estudos sobre o comportamento de espécies de abelhas em cultivos de goiabeira (*Psidium guajava* cv. Paluma) constataram que os visitantes florais de pequeno porte geralmente não entravam em contato com o estigma da flor (SIQUEIRA, 2012).

**Tabela 1.** Comportamento de espécies de abelhas amostrado nos cultivos de goiabeira (*Psidium guajava* cv. Paluma), (n = 10 propriedades) durante os meses de maio a dezembro de

2017, em Canindé do São Francisco e Poço Redondo, Sergipe. (comportamento: PP – potencial polinizador, VF – visitante floral).

Família	Visitante floral/Nome científico	Comportamento
ANTHOPHORIDAE	<i>Centris (Centris) aenea</i> Lepeletier, 1841	PP
	<i>Centris (Trachina) fuscata</i> Lepeletier, 1841	PP
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i> Spinola, 1853	VF
	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	PP
	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i> Lepeletier, 1841	PP
APIDAE	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	PP
	<i>Augochloropsis</i> sp.	VF
	<i>Dialictus opacus</i> (Moure, 1940)	VF
	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	VF

*Centris (Centris) aenea*, *Centris (Trachina) fuscata*, *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis*, *Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens*, *Apis Mellifera*, são potenciais polinizadores das goiabeira. A abelha exótica *A. mellifera* é largamente relacionada à polinização de espécies vegetais nativas e cultivadas, e até mesmo de espécies exóticas. Fato que reafirma a importância das mesmas como vetores de polinização, uma vez que já suprem a necessidade de reprodução de muitas plantas que estão sendo prejudicadas pelo alto declínio de polinizadores (PIGOZZO; VIANA, 2010).

A qualidade de frutos, de acordo com a maioria dos parâmetros avaliados, foi maior nos tratamentos com polinização natural (diâmetro:  $63 \pm 6$  mm, comprimento:  $82 \pm 12$  mm), espessura de casca ( $2 \pm 1$  mm), e rendimento de polpa (58%) (Tabela 2). O número de sementes foi maior em frutos da polinização natural (número de sementes =  $310 \pm 48$ ). Quanto aos sólidos solúveis a maior concentração foi em frutos autopolinizados com  $10,3 \pm 2,0$  (°brix), enquanto que os frutos de polinização natural apresentaram  $9,3 \pm 1,3$  (°brix) (Tabela 3). O teor de sólidos solúveis totais é um indicador de sabor e do ponto de maturação dos frutos (KRUMREICH et al., 2015).

**Tabela 2.** Diâmetro e comprimento dos frutos, números de sementes, rendimento e sólidos solúveis da polpa de goiaba (*Pisidium guajava*) (cv. Paluma), na região do Alto Sertão Sergipano.

Tratamentos	Diâmetro (mm) $\pm$ DP	Comprimento (mm) $\pm$ DP	Espessura da casca (mm) $\pm$ DP	Nº de sementes $\pm$ DP	Rendimento	Sólidos solúveis (°Brix) $\pm$ DP
	CV(%)	CV(%)	CV(%)	CV(%)	(%)	CV(%)
Polinização natural	$63 \pm 6$	$82 \pm 12$	$2 \pm 1$	$310 \pm 48$	58	$9,3 \pm 1,3$
	9,39	14,25	36,99	15,4		13,5
Autopolinização	$43 \pm 5$	$47 \pm 7$	$2 \pm 0$	$190 \pm 74$	44	$10,3 \pm 2,0$
	12	14,42		32,31		19,36

Os frutos polinizados naturalmente apresentaram maiores valores de carotenoides totais ( $245,2 \pm 25,6 \mu\text{g.g}^{-1}$  b. s), seguidos da autopolinização ( $33,9 \pm 17,8 \mu\text{g.g}^{-1}$  b. s) (Tabela 3). Os frutos de polinização natural apresentaram  $31,5 \pm 3,8$  na escala de branco a preto, na escala de verde a vermelho apresentou  $33,8 \pm 3,2$ , e na escala de azul a amarelo apresentou  $24,1 \pm 2,0$ . Os frutos apresentaram-se mais verdes quando autopolinizados. Em trabalho realizado, os

frutos polinizados naturalmente apresentaram maior calibre e peso, uma epiderme com menor grau de rugosidade, são menos ácidos e caracterizam-se por possuir maior número de sementes (MARTÍN et al., 2015).

**Tabela 3.** Carotenoides totais e parâmetros de cor das polpas de goiaba (*Psidium guajava*) (cv. Paluma) colhidas 140 dias após a polinização, na região do Alto Sertão Sergipano.

Tratamentos	Carotenoides totais ( $\mu\text{g}$ carotenoide/g de fruto) $\pm$ DP	L	a	B
	CV(%)	CV(%)	CV(%)	CV(%)
Polinização natural	245,2 $\pm$ 25,6	31,5 $\pm$ 3,8	33,8 $\pm$ 3,2	24,1 $\pm$ 2,0
	10,43	10,6	9,3	8,3
Autopolinização	33,9 $\pm$ 17,8	41,6 $\pm$ 5,2	17,3 $\pm$ 5,2	31,1 $\pm$ 3,5
	52,48	12,6	30,3	11,1

Ao comparar os tratamentos verifica-se diferença no tamanho e na forma dos frutos. A polinização natural apresentou melhores resultados (Figura 5), à semelhança de resultados obtidos por estudos que evidenciaram o aumento na produção de frutos a partir da visitação de insetos polinizadores em diversas outras culturas (MOTA; NOGUEIRA-COUTO, 2002; KLEIN et al., 2003; ROUBIK, 2002; GREENLEAF; KREMEN, 2006; GUEDES et al., 2009).

A polinização promovida por abelhas nativas está sendo reduzida em muitas das áreas onde elas poderiam estar contribuindo para melhorias na produtividade e qualidade de frutos (KREMEN et al., 2007), especialmente devido a simplificação do ambiente pelo homem. Desta forma, ressalta-se a importância da conservação de áreas naturais, como forma de contribuir para conservação das abelhas nativas e, por consequência, melhorar a produtividade nos pomares.



**Figura 5.** Frutos de goiabeira (*Psidium guajava*) obtidos a partir dos tratamentos de 1N – polinização natural (1N) e autopolinização (1A) avaliados na região do Alto Sertão Sergipano.

#### 5.4. Conclusões

Foi possível verificar que o incremento da polinização natural foi baixo em comparação à autopolinização. A presença de polinizadores influencia positivamente na produtividade e qualidade de frutos de goiabeira. Os resultados reforçam a importância dos

polinizadores para a produtividade, e sugerem a necessidade do manejo da polinização com o objetivo de obter maior presença de abelhas em pomares de goiabeira nas áreas irrigadas do alto sertão sergipano.

## 5.5. Referências

ALMEIDA, A. L. S.; ALBUQUERQUE, U. P.; CASTRO, C. C. Reproductive biology of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), an endemic fructiferous species of the caatinga (dry forest), under different management conditions in northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.75, n.4, p.330-337, 2011.

ALVES, J. E.; FREITAS, B. M. Requerimento de polinização da goiabeira. **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1281- 1286, 2007.

COSTA, J. M. C. D.; FELIPE, E. M. D. F.; MAIA, G. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; BRASIL, I. M. Production and characterization of the cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) and guava (*Psidium guajava* L.) fruit powders. **Journal of food processing and preservation**, v.33, p.299-312, 2009.

DUCROQUET, J. P. H. J.; HICKEL, E.; NODARI, R. O. *Goiabeira serrana (Feijoa sellowiana)*. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 66p.

FRANCISCO, V. L. F. S.; BAPTISTELLA, C. S. L.; AMARO, A. A. A cultura da goiaba em São Paulo. **Informações Econômicas**, v.40, n.9, p.68-76, 2010.

GARIBALDI, L. A.; CARVALHEIRO, L. G.; VAISSIÈRE, B. E.; GEMMILL-HERREN, B.; HIPÓLITO, J.; FREITAS, B. M. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v.351, p.388-391, 2016.

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

GONZÁLEZ-VARO, J. P.; BIESMEIJER, J. C.; BOMMARCO, R.; POTTS, S. G.; SCHWEIGER, O.; SMITH, H. G.; VILÀ, M. Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. **Trends in Ecology & Evolution**, v.28, n.9, p.524-530, 2013.

GUEDES, R. S.; QUIRINO, Z. G. M.; GONÇALVES, E. P. Fenologia reprodutiva e biologia 352 da polinização de *Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth (Fabaceae). **Revista Biotemas**, v.22, p.27-37, 2009.

GREENLEAF, S. S.; KREMEN, C. Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.**, v.103, p.13890-13895, 2006.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R. D.; COOK, W. M. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v.1, n.2, p.1500052, 2015.

IBGE. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. – **Sistema IBGE de Recuperação automática** - SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. 2017 Acesso em: 12 mar. 2018.

- KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Bee Pollination and Fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, v.90, n.1, p.153-157, 2003.
- KREMEN, C. et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. **Ecology Letters**, v.10, p.299–314, 2007.
- KRUMREICH, F. D.; CORRÊA, A. P. A.; SILVA, S. D. S. S.; ZAMBIAZI, R. C. Composição físico-química e de compostos bioativos em frutos de *Bromelia antiacantha* Bertol. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.2, p.450-456, 2015.
- MOURE, J. S.; URBAN, D. M. G. A. R. (orgs.). **Catalogue of the bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia. 2007. 1058p.
- MARTÍN, L. O. A.; CASTIEL, A. F.; SANDOVAL, E. V. Guia de Campo de los polinizadores de España. **Ediciones Mundi-Prensa**, Espanha. ISBN: 978-84-8476-657-5, 2015.
- MOTA, M. O. S.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Polinização entomófila em pessegueiro (*Prunus persica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.39, n.3, p.124-128, 2002.
- PEÑA, J. E.; SHARP, J. L.; WYSOKI, M. (Ed.). **Tropical fruit pests and pollinators: biology, economic importance, natural enemies, and control**. CABI, 2002.
- PIGOZZO, C. M. E.; VIANA, B. F. Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas em ambiente de Caatinga. **Oecologia Australis**, v.14:10, p.114, 2010.
- POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v.540, n.7632, p.220, 2016.
- RAMOS, F. N.; SANTOS, F. A. M. Floral visitors and pollination of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae): distance from the anthropogenic and natural edges of an Atlantic Forest fragment 1. **Biotropica: The Journal of Biology and Conservation**, v.38, n.3, p.383-389, 2006.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food**. Washington: International Life Sciences Institute. 2001. 64p.
- ROUBIK, D. W. The value of bees to the coffee harvest. **Nature**, v.417, n.13, p.708, 2002.
- SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. **Biologia da polinização**. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Belo Horizonte, Ed. 2002. 253p.
- SIQUEIRA, K. M. M.; KIILL, L. H. P.; MARTINS, C. F.; SILVA, L. T. Ecologia da polinização de *Psidium guajava* L. (Myrtaceae): riqueza, frequência e horário de atividades de visitantes florais em um sistema agrícola. **Magistra**, v.24, número especial, p.150-157, 2012.

WESTERKAMP, C.; GOTTSBERGER, G. Diversity pays in crop pollination. **Crop Science**, v.40, p.1.209-1.222, 2000.

WINFREE, R.; GRISWOLD, T.; KREMEN, C. Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. **Conservation biology**, v.21, n.1, p.213-223, 2007.

YAM, K. L.; PAPADAKIS, S. E. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. **Journal of Food Engineering**, v.61, p.137–142, 2004.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contribuição das abelhas para os ecossistemas no desenvolvimento de serviços ambientais é incontestável. A polinização em ambientes naturais e cultivados é constantemente afetada pela redução desses insetos, quer pela prática indiscriminada de ações maléficas a esses organismos ou pela redução das áreas naturais que, quando presentes, aumentam a oferta de alimento para as abelhas.

Ao mesmo tempo em que o déficit de agentes polinizadores aumenta, verifica-se a diminuição da capacidade de produção agrícola. Sendo assim, sugere-se com esse trabalho a ampliação de pesquisas voltadas para o entendimento da relação entre as abelhas e as plantas, bem como o estabelecimento de políticas públicas voltadas para a conservação de áreas nativas e, conseqüente, preservação das espécies.