



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS II – AREIA-PB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

JOÃO VITOR ANDRADE MAGALHÃES

FENOLOGIA, POLINIZAÇÃO E BIOLOGIA REPRODUTIVA DA GOIABEIRA (*Psidium guajava* var. 'paluma', Myrtaceae) EM CULTURA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO

**AREIA
2020**

JOÃO VITOR ANDRADE MAGALHÃES

FENOLOGIA, POLINIZAÇÃO E BIOLOGIA REPRODUTIVA DA GOIABEIRA (*Psidium guajava* var. 'paluma', Myrtaceae) EM CULTURA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lenyneves Duarte Alvino de Araujo

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Laís Angélica de Andrade Pinheiro Borges

**AREIA
2020**

M188f Magalhães, João Vitor Andrade.

Fenologia, polinização e biologia reprodutiva da
goiabeira (*psidium guajava* var. 'paluma', myrtaceae) em
cultura irrigada no semiárido / João Vitor Andrade
Magalhães. - Areia, 2020.

34 f. : il.

Orientação: Lenyneves Duarte Alvino de Araujo.

Coorientação: Laís Angélica de Andrade Pinheiro Borges.
Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Apis mellifera. 2. Caatinga. 3. Melitofilia. 4.
Semiárido. I. Araujo, Lenyneves Duarte Alvino de. II.
Título.

UFPB/CCA-AREIA

JOÃO VITOR ANDRADE MAGALHÃES

FENOLOGIA, POLINIZAÇÃO E BIOLOGIA REPRODUTIVA DA GOIABEIRA (*Psidium guajava* var. 'paluma', Myrtaceae) EM CULTURA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO


Trabalho de Conclusão de Curso em
Agronomia da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 23/04/2020

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Lenyneves Duarte Alvino de Araujo
DCB/CCA/UFPB
(Orientador - Presidente)



Prof.^a Dr.^a Naysa Flávia Ferreira do Nascimento
DFCA/CCA/UFPB
(Membro titular)



Dr.^a Laís Leite Barreto
(Membro titular)

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Azileide P. A. Nascimento e Evandro M. Nascimento,
por sempre acreditar e confiar em mim, amo vocês*

AGRADECIMENTOS

É com grande carinho que venho agradecer a todos que participaram dessa jornada, cada um sabe o quanto sua presença e participação foi importante, provavelmente não teria chegado aonde cheguei, vocês fazem parte dessa conquista.

À Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de fazer o curso, por todo aprendizado e tudo que vive, nunca me faltou nada, foi uma segunda casa para mim.

Aos amigos do LABERV, em especial, Pedro da Costa Gadelha Neto, técnico de laboratório, por auxiliar nas análises de pesquisa.

Aos meus pais, que sempre se esforçaram para me dar a melhor educação ao alcance, apoio, confiança, conselhos e pela dedicação, mesmo longe estão sempre presentes. Foi muito difícil estar longe de vocês, essa conquista é nossa.

Ao meu irmão Pedro Henrique Andrade Magalhães, pela admiração, apoio e cuidar do nossos pais enquanto estive ausente, amo vocês.

À minha família, que me deu todo apoio quando estive longe de casa, em especial à minha querida tia Jeaneide Pereira Andrade de Brito e Audenice Andrade Ferreira.

Em especial à minha prima querida Mayara Andrade Souza, pela atenção, troca de conhecimento, guiando-me os passos e abrindo caminhos no meio acadêmico.

A Ana Lívia Gomes de Sousa, por todo seu carinho, por me acolher, ajudar, compreender, pelas palavras, por me transmitir calma e por todos os momentos. Alguém que sempre acreditou e acredita em mim, que esteve comigo nessa fase da vida. Por me acompanhar na execução das análises em laboratório e preparação do material de campo. Te amo por tudo isso e por tudo que representa na minha vida, minha parceira, amiga e companheira.

À Professora Dr^a. Lenyneves, minha orientadora, obrigado pela sua atenção, paciência, confiança, troca de aprendizado, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

À Professora Dr^a Laís Angélica Borges, minha co-orientadora, pelos conselhos, correções e incentivo.

Ao Professor Dr^o Helder Farias P. Araujo, pelo apoio na elaboração deste trabalho.

Ao proprietário da Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), pela disponibilização da área de estudo e todos os funcionários da fazenda para a realização desse trabalho.

A todos os professores do curso de Agronomia, pela amizade, competência e dedicação.

Aos meus colegas de turma (2015.1), em especial a Aderson Pedro Silva de Moraes (Vulgo Pc), Felipe Marinho Coutinho de Souza, Izaías Romário Soares do Nascimento (Mestre Izaías), Letícia Barbosa de Lacerda (Letshow), Mauricio Jose Alves de Azevedo Soares (Louco), Paulo Henrique de Almeida Cartaxo (Paulo Cartaxo, como ele diz ser chamado).

Aos meus amigos Amanda Gabriele Albuquerque Oliveira, Jardel Giuseppe Marinho de Melo (Joio), Jessica Hasnna Silva de Castro (Hasnninha), Jordana Laylla S: da Silva e Thalia da Silva Figueiredo (Barbie), por me ajudar na elaboração do material de campo.

O meu muito obrigado!

RESUMO

A polinização é um processo fundamental para a produção de frutos e a presença de abelhas proporciona maiores taxas na produção de goiabas. Entretanto, a sazonalidade climática pode interferir na abundância e/ou atividade desses polinizadores. Esse trabalho teve a finalidade de ampliar o conhecimento sobre a biologia reprodutiva da goiabeira, a partir do estudo da fenologia reprodutiva, biologia floral e reprodutiva e interação com os visitantes florais em uma área de Caatinga, na expectativa de contribuir com informações úteis para o aumento da produtividade da goiabeira no semiárido brasileiro. O estudo foi realizado na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), no município de Prata, PB. O acompanhamento fenológico foi realizado ao longo de 12 meses, anotando-se dados sobre a floração e frutificação de 20 indivíduos marcados aleatoriamente. Testou-se a correlação dos eventos fenológicos reprodutivos com as variáveis climáticas. As flores foram analisadas em campo e em laboratório, avaliando-se o período de antese, a morfometria floral, viabilidade polínica, razão pólen/óvulo e receptividade do estigma. A biologia reprodutiva foi avaliada a partir de testes de polinização natural e controlada (autopolinização espontânea e autopolinização manual). A riqueza, abundância e comportamento dos visitantes florais foram registrados em campo através de observações diurnas, totalizando 24 horas de observação no período seco e 24 horas no período chuvoso. A produção de flores e frutos foi contínua na população e não houve correlação significativa entre as fenofases reprodutivas e a precipitação e evapotranspiração, indicando que a poda de frutificação e a irrigação são fatores que interferem nesses eventos. As flores da goiabeira são melitófilas, o estigma se mostrou receptivo da pré-antese até o último horário de observação (16:00) e a viabilidade polínica foi de 99.5%. Os resultados da biologia reprodutiva confirmam que a goiabeira é autocompatível e a polinização natural apresentou o maior número de frutos produzidos entre os diferentes tratamentos. Os polinizadores mais eficientes da goiabeira foram abelhas do gênero *Centris* e *Xylocopa*, embora, devido à baixa frequência, estas tenham sido classificadas como polinizadores ocasionais. A abelha exótica *Apis mellifera*, pouco eficiente na polinização, mas muito frequente, foi classificada como polinizador efetivo, sendo a principal responsável pela polinização, especialmente no período seco. Não houve diferença significativa entre o número de visitas às flores no período seco e no período chuvoso ($N=1117$ e $N=1346$ visitas, respectivamente), indicando que a produtividade da goiabeira na Caatinga pode ser mais limitada por condições hídricas do que por falta de polinizadores efetivos.

Palavras-Chave: *Apis mellifera*. Caatinga. Melitofilia. Semiárido.

ABSTRACT

Pollination is a fundamental process for fruit production and although *Psidium guajava* L. is self-compatible, it is inefficient in self-pollination. Thus, the presence of bees provides higher rates in the production of guavas. However, climatic seasonality can interfere with the abundance and / or activity of these pollinators. The aims of this work are to expand the knowledge on the reproductive biology of guava. We analyzed crucial aspects for a better understanding of fruit and seed production, such as reproductive phenology, floral and reproductive biology and interaction with floral visitors in an area of Caatinga. More specifically, we expected to contribute with useful information for increasing the productivity of guava in the Brazilian semi-arid region. We carried this study at Farm São Paulo dos Dantas (FASP), located at Northeast Brazil. We performed phenological observations over thirteen months, collecting data on flowering and fruiting of 20 randomly marked individuals. We tested the correlation of reproductive phenological events with climatic variables. We analyzed flowers in the field and laboratory, evaluating anthesis, floral morphometry, pollen viability, pollen-ovule ratio and stigma receptivity. We evaluated reproductive biology from natural and controlled pollination tests (spontaneous self-pollination and manual self-pollination). We recorded the richness, abundance and behavior of floral visitors in the field through daytime observations, totaling 24 hours in the dry season and 24 hours in the rainy season. Production of flowers and fruits was continuous in the population. We not found significant correlation between breeding phenology and precipitation and evapotranspiration, indicating that fruit pruning and irrigation are factors that interfere with these events. *P. guajava* flowers are melittophilous. The stigma was receptive from pre-anthesis to the last observation time (16:00) and pollen viability was 99.5%. The results of system breeding confirm that guava is self-compatible and natural pollination showed a higher number of fruits produced. There was no significant difference between the number of visits to flowers in the dry and rainy season ($N=1117$ and $N=1346$ visits, respectively). The potential pollinators of *P. guajava* are bees of the genus *Centris* and *Xylocopa*, although the most frequent visitor has been the exotic bee *Apis mellifera*, classified as inefficient pollinator, but which ensures pollination in the dry period.

Keywords: *Apis mellifera*. Caatinga. Mellitophily. Semiarid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Fenofases reprodutivas de pomar irrigado de *Psidium guajava* var. ‘Paluma’ na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB, no período de março de 2019 a março de 2020.....18.
- Figura 2 – Fenofases reprodutivas por indivíduo em pomar irrigado de *Psidium guajava* var. ‘Paluma’ na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB, no período de março de 2019 a março de 2020.....19.
- Figura 3 – *Psidium guajava* L. var. ‘Paluma’ na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB. Indivíduo adulto (A), Inflorescência dicásio trifloro (B), Flor em antese (C), *Apis melífera* visitando a flor (D), Frutos verdes (E), *Dorcacerus barbatus* pilhando a flor (F).....21.
- Figura 4 – Frequência de visitas ao longo do dia às flores de *Psidium guajava* L., cultivar ‘Paluma’ nos períodos seco (A) e chuvoso (B) na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB.....25.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Dados da biologia floral de *Psidium guajava*, var. ‘Paluma’ na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB.....20.
- Tabela 2 – Experimentos de polinização controlada em *Psidium guajava* L., var ‘Paluma’, no período seco, na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB22.
- Tabela 3 – Número de frutos formados nas inflorescências trifloro de *Psidium guajava* L., var ‘Paluma’ na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB. Inflorescência (I), Flor (F), Flor Central (FC), Flor Lateral Direita (FLD) e Flor Lateral Esquerda (FLE).....22.
- Tabela 4 – Visitantes florais de *Psidium guajava* L., cultivar ‘Paluma’ nos períodos seco e chuvoso na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB. Classe de frequência: Abundante (Ab), Frequente (F) e Raro (R). Comportamento: Eficiente (E), Pouco eficiente (PEf) e Ineficiente (I). Classe de visitante: Polinizador efetivo (PE), Polinizador Raro (PR) e Pilhador (PI).....24.

LISTA DE SÍMBOLOS

\pm Desvio padrão

% Porcentagem

\bar{X} Média

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	METODOLOGIA	13
2.1	ÁREA DE ESTUDO E DESCRIÇÃO DA CULTURA	13
2.2	FENOLOGIA REPRODUTIVA E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS	14
2.3	BIOLOGIA FLORAL	14
2.4	TRATAMENTOS DE POLINIZAÇÃO CONTROLADA E NATURAL.....	15
2.5	RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DOS VISITANTES FLORAIS.....	15
2.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	16
3	RESULTADOS.....	16
3.1	FENOLOGIA REPRODUTIVA	16
3.2	BIOLOGIA FLORAL	19
3.3	TRATAMENTOS DE POLINIZAÇÃO CONTROLADA E NATURAL.....	22
3.4	RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DOS VISITANTES FLORAIS.....	22
4	DISCUSSÃO	26
6.	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A Caatinga é uma floresta tropical sazonalmente seca adaptada às condições semiáridas e reconhecida por níveis significativos de endemismo de sua flora e fauna (ANDRADE et al., 2009; SANTOS et al., 2011; PAREYN et al., 2013). Apesar dessas particularidades, essa floresta vem sofrendo grande pressão antrópica há séculos, o que tem levado à redução dos seus serviços ecossistêmicos (SANTOS et al., 2011; BORGES; BAPTISTA; MENESES, 2014). Dentre esses serviços, destaca-se a polinização por agentes bióticos, um serviço ecossistêmico essencial, porém fortemente ameaçado (KEVAN, PHILLIPS, 2001, KLEIN, VAISSIÈRE, *et al.*, 2007, KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, FÖLDESI, *et al.*, 2019).

A intensificação agrícola associada a severas mudanças no uso da cobertura do solo são exemplos significativos de pressão antrópica sobre o serviço da polinização, uma vez que têm causado efeitos prejudiciais sobre a biodiversidade, devido à perda de habitat e à degradação ambiental, consideradas as principais causas do declínio global dos polinizadores (BUCHORI, RIZALI, *et al.*, 2019, PROESMANS, BONTE, *et al.*, 2019, SRITONGCHUAY, HUGHES, *et al.*, 2019). Segundo KLEIN et al., (2007), as abelhas são responsáveis por cerca de 80% das principais culturas alimentares, as quais dependem de polinizadores bióticos para a produção de frutos e sementes e, portanto, seriam altamente comprometidas com o declínio desses polinizadores.

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo (FAO, 2018), destacando-se, dentre estas, a cultura da goiaba (*Psidium guajava* L., família Myrtaceae) (GRESSLER, PIZO, *et al.*, 2006). Em 2018, o Brasil produziu 578,60 mil toneladas de goiaba, em uma área plantada de 21,57 mil hectares, sendo a região Nordeste responsável por 50,7% da quantidade de goiaba produzida no país e a Paraíba contribuindo com 0,8% da produção nessa região (IBGE, 2018). A variedade Paluma está entre as mais cultivadas, produzindo frutos com características que atendem às demandas da agroindústria e ao mercado de forma *in natura*, colhidos aproximadamente 120 dias após a polinização (SERRANO et al., 2008; EMBRAPA, 2015).

O manejo adotado na cultura da goiaba por meio da poda de frutificação associada à irrigação e à adequada adubação possibilita o florescimento e produção de frutos ao longo de todo o ano (PIZA JUNIOR, 1997, SERRANO, MARINHO, *et al.*, 2008). Entretanto, o florescimento não garante a formação de frutos, pois a planta necessita de polinizadores para uma boa frutificação (GUEDES, ZANELLA, *et al.*, 2011). Isso porque, apesar da espécie

apresentar boa autocompatibilidade, a produção pode ser aumentada pela polinização cruzada feita por agentes bióticos (SLAA et al., 2006; ALVES; FREITAS, 2007). Estudos têm alertado para a importância dos polinizadores na produção da goiabeira (BOTI, 2001; ALVES; BOTI et al., 2005; FREITAS, 2007; FREITAS, 2008), a exemplo do estudo realizado por Siqueira et al. (2012), no qual foi observado um aumento de 12,4% na frutificação após polinizações realizadas por abelhas em relação a autopolinizações espontâneas. As flores da goiabeira são relatadas como melitófilas, ou seja, polinizadas por abelhas, especialmente pelas espécies dos gêneros *Apis*, *Trigona*, *Eulaema*, *Euglossa*, *Melipona*, *Xylocopa* e *Centris* (BOTI et al., 2005; ALVES; FREITAS, 2006, 2007; FREITAS; ALVES, 2008; SIQUEIRA et al., 2012).

Estudos têm mostrado que a riqueza e a diversidade de polinizadores são aumentadas quando as cultivares estão próximas a fragmentos florestais (BOTI, CARNPOS, *et al.*, 2005, D'AVILA, MARCHINI, 2005, PROESMANS, BONTE, *et al.*, 2019), contribuindo para a produtividade da maioria das culturas de importância econômica. Isso porque os fragmentos florestais próximos às culturas agrícolas servem como refúgio e fonte de alimento para os polinizadores, que também passam a forragear nas culturas agrícolas (BANASZAK, JAROSZEWICZ, 2009, PROESMANS, BONTE, *et al.*, 2019). No caso da goiabeira, os estudos mostram que há um aumento na riqueza e na diversidade de polinizadores em cultivos próximos à vegetação de caatinga (BOTI, CARNPOS, *et al.*, 2005, SIQUEIRA, KIILL, *et al.*, 2012, ZANELLA, MARTINS, 2012). No entanto, mais informações são necessárias sobre a interferência da sazonalidade no fornecimento de recursos florais para polinizadores na Caatinga e o quanto isso pode refletir em uma paisagem sustentável (ZANELLA; MARTINS, 2012).

Estudos sobre a sazonalidade de insetos na Caatinga mostram que no período chuvoso há maior riqueza e abundância desses animais em função das condições favoráveis à sua sobrevivência (VASCONCELLOS, ANDREAZZE, *et al.*, 2010, ZANELLA, MARTINS, 2012). No entanto, a queda na riqueza e abundância de abelhas no período seco pode estar associada à menor oferta de recursos florais nesse período (AGUIAR; MARTINS, 1997, ZANELLA; MARTINS, 2012), uma vez que esse grupo de insetos não é fortemente afetado pela sazonalidade ambiental, como acontece em outras ordens, como Coleópteros (VASCONCELLOS, *et al.*, 2010). Sendo assim, o cultivo de goiabeira irrigada próximo a fragmentos de Caatinga pode ser uma alternativa de oferta de recurso floral (pólen) no período seco, colaborando na manutenção das abelhas nesse período sazonal.

Considerando isso e que a goiabeira é uma planta autocompatível, porém pouco eficiente na autopolinização (BOTI, 2001, SIQUEIRA, KIILL, *et al.*, 2012), é possível esperar que em um pomar no qual os indivíduos têm a mesma origem (processo de estaquia), o aumento na riqueza e abundância de espécies de abelhas no período chuvoso aumente o fluxo e a eficiência na deposição de pólen entre os indivíduos, influenciando positivamente a produtividade. Por outro lado, a redução de recursos florais no período seco, pode estimular a maior procura de pólen pelas abelhas nas flores da goiabeira, também contribuindo o fluxo e a eficiência na deposição de pólen entre os indivíduos.

Diante do exposto, foram analisadas a fenologia e a biologia reprodutiva da goiabeira (*Psidium guajava* L., Myrtaceae, em sistema irrigado), além da riqueza e abundância dos polinizadores nos períodos seco e chuvoso, a fim de gerar informações que contribuam para o estudo do aumento da produtividade da goiabeira em sistema irrigado no Cariri Paraibano.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO E DESCRIÇÃO DA CULTURA

A área da cultura de *Psidium guajava* L. localiza-se na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), no município de Prata (7°37'36,19''S e 37°5'39,6''W), região do Cariri paraibano. Esta localiza-se a uma altitude média de 500m, com temperatura média anual de 25°C e a precipitação pluviométrica anual variou entre 500 e 700 mm nos últimos 10 anos. O período chuvoso ocorre de janeiro a abril de 2020, com picos nos meses de fevereiro, março e abril. O período de seca ocorreu de agosto a dezembro de 2019, meses onde a precipitação chega a no máximo 230.3 mm (PROCLIMA). A área possui aproximadamente 1200 ha de vegetação natural de Caatinga, que corresponde a 60% da área total da FASP. Nos últimos 40 anos, há um histórico de conservação ambiental visando à construção de um sistema produtivo e sustentável na fazenda (ARAUJO, VASCONCELLOS, *et al.*, 2017). A cultura possui aproximadamente 1600 indivíduos adultos de *P. guajava* da variedade 'Paluma', os quais foram obtidos a partir do método de estaca e possuem, aproximadamente, entre quatro e cinco anos de idade, distribuídos em um espaçamento de 5 metros entre linhas, por 6 metros entre plantas, distribuídas em um sistema de irrigação por microaspersão. Os manejos adotados são poda de frutificação, nos meses que antecedem as chuvas e fertirrigação.

2.2 FENOLOGIA REPRODUTIVA E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

O acompanhamento fenológico foi realizado no período de março de 2019 a março de 2020 por meio de observações mensais e consecutivas de 20 indivíduos marcados aleatoriamente. Foram utilizadas fichas de campo, nas quais foram anotados dados sobre as seguintes fenofases: floração (período compreendido desde a formação de botões florais até o final da antese) e frutificação (período de formação dos frutos). Para a definição da intensidade das fenofases foi adotada a escala semiquantitativa proposta por FOURNIER (1974), na qual, 0 = ausência do fenômeno observado, 1 = presença do fenômeno com uma magnitude entre 1-25%, 2 = presença do fenômeno com uma magnitude entre 26-50%, 3 = presença do fenômeno com uma magnitude entre 51-75% e 4 = presença do fenômeno com uma magnitude entre 76-100%.

Foram coletados dados locais (município) de precipitação e evapotranspiração junto à AESA (Agência Executiva de Gestão de Águas) e ao Programa de monitoramento climático em tempo real da região Nordeste (PROCLIMA), durante os meses de acompanhamento.

2.3 BIOLOGIA FLORAL

Foram coletados botões florais em pré-antese e flores em fase inicial da antese ($n \geq 10$) de diferentes indivíduos, os quais foram fixados em etanol a 70% para posterior análise em laboratório. Foi realizada a morfometria floral utilizando paquímetro digital (erro 0,01mm) para as medidas de diâmetro da corola e comprimento dos estames e carpelos. O período de antese foi determinado a partir da marcação de 10 botões florais em pré-antese de diferentes indivíduos, os quais foram acompanhados das 04h00min às 16h30min. A fim de verificar a receptividade do estigma foi utilizado o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 3% (10 volumes) no estigma de 10 flores em pré-antese e 10 flores após o início da antese nos horários: 06h, 08h, 10h, 12h, 14h e (DAFNI, KEVAN, *et al.*, 2005, GALEN, PLOWRIGHT, 1987). A reação caracterizada pela formação de pequenas bolhas foi observada com lente de aumento de 6x. A razão pólen/óvulo (P/O) foi estimada a partir da média do número de grãos de pólen e de óvulos ($n=10$) (CRUDEN, 1977). A contagem dos grãos de pólen foi realizada seguindo a metodologia proposta por MAÊDA (1985). Para testar a viabilidade polínica, anteras de dez botões florais em pré-antese foram maceradas (uma por vez) em um vidro relógio contendo 1mL de água destilada e dessa solução foi retirada uma amostra de 10% que foi disposta sobre uma lâmina de vidro, acrescida de uma gota do reativo de Alexander (ALEXANDER, 1980) e sobreposta com lamínula quadriculada (1 mm²). As lâminas foram observadas sob microscópio óptico e com o auxílio de um contador manual foram

determinados os números de grãos de pólen viáveis e inviáveis, calculando-se a viabilidade polínica (% de grãos de pólen viáveis). Os grãos que ficaram corados de rosa intenso foram contabilizados como viáveis (com citoplasma) e os corados de azul claro, como grãos de pólen inviáveis (sem citoplasma) (KEARNS, INOUE, 1993). A partir do número total de grãos de pólen por lâmina, foi possível estimar o número total de grãos de pólen viáveis por antera e, posteriormente, o número de grãos de pólen por flor. As análises foram realizadas no Laboratório de Ecologia e Reprodução Vegetal do Departamento de Ciências Biológicas (LABERV/DCB) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba.

2.4 TRATAMENTOS DE POLINIZAÇÃO CONTROLADA E NATURAL

As polinizações controladas foram realizadas em campo utilizando inflorescências contendo três flores (trifloro). Foram realizados os seguintes testes (1) polinização natural (controle) (n=27), (2) autopolinização espontânea (n=48) e (3) autopolinização manual utilizando apenas a flor central (n=21). Os botões florais em pré-antese utilizados no tratamento controle foram contados e marcados para o acompanhamento do desenvolvimento de frutos aos 30 e 60 dias após a antese. Os botões em pré-antese utilizados nos tratamentos 2 e 3 foram encobertos com sacos de TNT para evitar o contato dos visitantes com as flores. Após a abertura das flores, foram realizados os cruzamentos manuais utilizando pincéis de ponta fina e cerdas macias, e em seguida, as flores foram novamente ensacadas.

2.5 RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DOS VISITANTES FLORAIS

Os visitantes florais e seus comportamentos foram registrados em campo através de observações diurnas das 04:30 às 16:30h em 20 indivíduos focais, em dias alternados durante a floração, totalizando um período de 24h de observações no período seco e 24 horas no período chuvoso. Durante esse período, foi registrada a riqueza de visitantes e foi observado o seu comportamento na flor, o tempo e o resultado da visita, a frequência das visitas durante o dia e o local de deposição de grãos de pólen no corpo dos visitantes. Os insetos foram coletados com auxílio de recipientes plásticos e puçá e colocados em câmara mortífera contendo acetato de etila e, posteriormente, montados a seco e depositados na coleção entomológica do LABERV (DCB/CCA/UFPB), como espécimes testemunho. A frequência dos visitantes florais foi estimada através da contagem direta das visitas às flores a cada uma hora durante o período de observação. Quanto à frequência, os visitantes foram classificados em: Abundantes (Ab), aqueles que apresentaram frequências de visitas $\geq 30\%$; Frequentes (F), quando apresentaram frequências de visitas $\geq 10\%$ e $< 30\%$, e raros (R), quando

apresentaram frequências <10% (SIQUEIRA, KIILL, *et al.*, 2012). O comportamento do visitante foi classificado como: Eficiente (E), aquele que transferiu o pólen das anteras para o estigma em todas as visitas às flores; Pouco Eficiente (PEf), quando transferiu, ocasionalmente, o pólen das anteras para o estigma nas visitas às flores, e Ineficiente (I), quando não foi eficiente em transferir o pólen das anteras para o estigma. A partir das classificações de frequência e comportamento, os visitantes foram classificados em: Polinizadores Efetivos (PE), quando foram eficientes ou pouco eficientes e abundantes ou frequentes; Polinizadores Ocasionais (PO) quando foram eficientes ou pouco eficientes, porém, raros; e Pilhadores (PI), aqueles que utilizavam o recurso floral, mas foram ineficientes na polinização.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados referentes a biologia floral e de fruto foram analisados por meio de estatística descritiva. Foram construídos gráficos do tipo barras para a demonstração dos resultados da análise fenológica e número de visitantes. Testes de correlação de Spearman foram realizados após testada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk entre os eventos reprodutivos e as variáveis climáticas selecionadas para verificar se há influência dessas variáveis nos eventos fenológicos apresentados. A comparação da abundância de polinizadores entre as estações seca e chuvosa foi realizada através do teste Mann-Whitney (U) após testada a normalidade dos dados. Foi utilizado o programa BioEstat 5.0 (AYRES, AYRES, *et al.*, 2007).

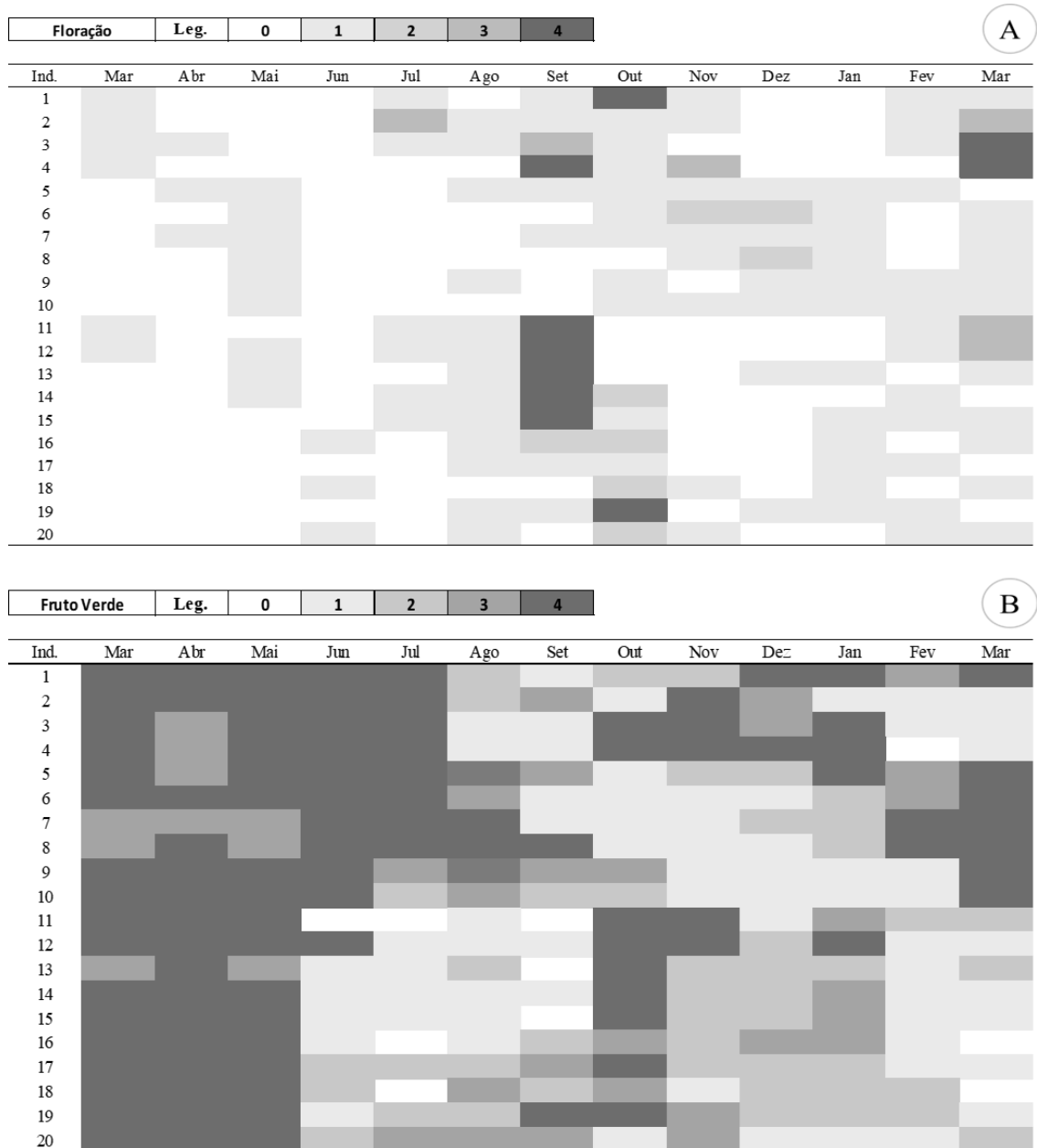
3 RESULTADOS

3.1 FENOLOGIA REPRODUTIVA

No sistema irrigado acompanhando, os indivíduos de *P. guajava* floresceram de duas a quatro vezes ($\bar{X} = 2,85$) ao ano e os episódios de floração apresentaram a duração de um a sete meses ($\bar{X} = 2,275$) (Figura 1). Cerca de 70% dos indivíduos apresentaram frutos verdes durante todo o ano e a presença de frutos variou de nove a doze meses ($\bar{X} = 11,5$) por indivíduo (Figura 1). Analisando-se a população, houve formação de flores ao longo de todo o ano, com maior concentração de floração nos meses de setembro de 2019 e março de 2020, os quais correspondem ao período seco e chuvoso, respectivamente (Figura 2). A frutificação também ocorreu durante todo o ano, com concentrações de frutos verdes no período chuvoso

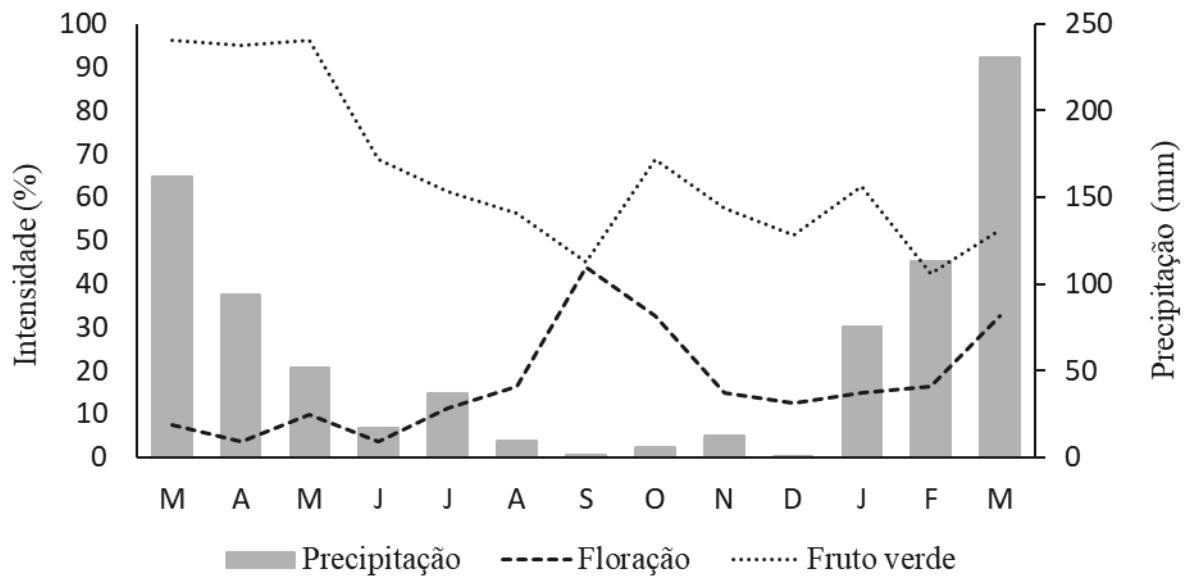
(março a maio de 2019) (Figura 2). Em função das colheitas ininterruptas e sem planejamento feitas pelo produtor, o acompanhamento dos frutos maduros foi comprometido, porém a maior colheita registrada após o período chuvoso ocorreu no final de agosto de 2019 (observação pessoal), provavelmente da concentração de flores ocorrida no final de março. No período seco, a maior colheita foi registrada no final de novembro e início de dezembro de 2019 (observação pessoal), provavelmente da concentração de flores ocorrida no mês de setembro. As análises mostraram que não houve correlação significativa dos eventos reprodutivos com as variáveis ambientais: precipitação \times floração ($r_s = -0.25$; $t = -0.88$; $p = 0.3968$), precipitação \times fruto verde ($r_s = 0.27$; $t = 0.94$; $p = 0.3673$), evapotranspiração \times floração ($r_s = -0.31$; $t = -1.11$; $p = 0.2901$) e evapotranspiração \times fruto verde ($r_s = 0.24$; $t = 0.8388$; $p = 0.4194$).

Figura 1. Fenofases reprodutivas por indivíduo em pomar irrigado de *Psidium guajava* var. ‘Paluma’ na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB, no período de março de 2019 a março de 2020.



Fonte: João Vitor Andrade Magalhães.

Figura 2. Fenofases reprodutivas de pomar irrigado de *Psidium guajava* var. ‘Paluma’ na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB, no período de março de 2019 a março de 2020.



Fonte: João Vitor Andrade Magalhães.

3.2 BIOLOGIA FLORAL

A goiabeira da variedade Paluma (Figura 3A) apresenta predominância de inflorescências do tipo dicásio, trifloro (Figura 3B). No entanto, em alguns ramos foram observadas inflorescências com apenas uma ou duas flores. As flores são grandes, vistosas com pétalas brancas, hermafroditas e actinomorfas (Figura 3C), com emissão de odor perceptível do tipo aroma doce, que é intenso e diminui ao longo da antese. A flor da goiabeira apresenta uma estrutura relatada pela literatura como “pétalas modificadas” que recobrem o estigma quando a flor está em botão e variaram de duas a três unidades por flor (Figura 3C). O androceu é constituído, em média, de 378 estames, os quais apresentam filetes com tamanhos crescentes, variando de 5.0 mm a 17.4 mm à medida que se afastam do carpelo. As anteras possuem duas tecas rimosas de coloração branca, com aproximadamente 2 mm de comprimento, cujo tamanho se mantém padrão, independentemente do tamanho dos filetes. A flor apresenta uma média de 4.559.814 grãos de pólen do tipo pulverulentos com viabilidade polínica média de 99.5%, os quais também representam o recurso aos polinizadores. O carpelo possui estigma subcapitado de coloração esverdeada e estilete

terminal, o ovário é ínfero e pentalocular. O comprimento médio do carpelo é de 22 mm e o estigma encontra-se a 4,6 mm acima dos estames mais longos, caracterizando hercogamia. O estigma torna-se receptivo da fase de pré-antese até o final da antese. Mais informações sobre a morfometria floral estão descritas na Tabela 1. O fruto é carnoso do tipo baga (Figura 3E), de coloração variando de verde claro a amarelado na maturação, com uma média de 77.65 ± 5.65 de comprimento e 238.2 ± 52.03 de peso.

Tabela 1. Dados da biologia floral de *Psidium guajava*, var. Paluma na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB.

Características florais	Média \pm DP	Mínimo	Máximo
Diâmetro da corola (mm)	40.0 ± 3.7	33.31	45.96
Comprimento do estame (mm)	9.8 ± 2.1	4.5	17.37
Comprimento do carpelo (mm)	22.0 ± 2.4	17.78	24.59
Número de estames por flor	378 ± 22.8	335	406
Número de óvulos	484.6 ± 31	441	548
Número de grãos de pólen p/antera	12063 ± 2955.3	7656.25	18281.25
Razão P/O	9535.9	-	-
Viabilidade polínica	99.50%	99.2	99.7

Fonte: João Vitor Andrade Magalhães.

A antese é diurna e com duração de cerca de 12 horas (04:30 às 16:00). A abertura das flores ocorreu no período de 04:30 às 05:00 no período seco e de 04:50 às 06:00 no período chuvoso. Nesse processo, os filamentos estaminais e o estilete se expandem juntamente com a abertura das pétalas. Ao final do período de antese, as peças florais escurecem e caem facilmente.

Figura 3. *Psidium guajava* L. var. ‘Paluma’ na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB. Indivíduo adulto (A), Inflorescência dicásio trifloro (B), Flor em antese (C), *Apis melífera* visitando a flor (D), Frutos verdes (E), *Dorcacerus barbatus* pilhando a flor (F).



Fonte: João Vitor Andrade Magalhães.

3.3 TRATAMENTOS DE POLINIZAÇÃO CONTROLADA E NATURAL

No período seco, houve formação inicial (até 30 dias) de frutos em todos os tratamentos realizados, com maior porcentagem na polinização natural (Tabela 2). Após 60 dias, no entanto, restaram frutos oriundos apenas dos tratamentos de polinização natural e autopolinização manual. Os experimentos foram repetidos no período chuvoso, porém os resultados ainda não foram coletados.

Tabela 2. Experimentos de polinização controlada de *Psidium guajava* L., var. ‘Paluma’, no período seco, na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB.

Tratamento	Flores (N)	Após 30 dias		Após 60 dias		Taxa de aborto total (%)	Taxa de formação (%)
		Frutos (N)	Aborto (%)	Frutos (N)	Aborto (%)		
Polinização Natural	81	48	40.7	6	87.5	92.6	7.4
Autopolinização Espontânea	144	34	76.4	0	100	100.0	0
Autopolinização Manual	21	8	61.9	5	37.5	76.2	23.8

Fonte: João Vitor Andrade Magalhães.

Analisando a formação natural de frutos de inflorescência trifloro (Figura 3B) oriundos dos testes de polinização natural e autopolinização espontânea, foi possível avaliar o padrão de aborto dos frutos. Tanto na polinização natural, quanto na autopolinização espontânea, aos primeiros 30 dias houve maior número de abortos dos frutos centrais e, aos 60 dias, o maior número de abortos ocorreu nos frutos laterais (Tabela 3). No tratamento de autopolinização espontânea, aos 60 dias todos os frutos foram abortados (Tabela 3).

Tabela 3. Número de frutos formados nas inflorescências trifloro de *Psidium guajava* L., var. ‘Paluma’ na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB. Inflorescência (I), Flor (F), Flor Central (FC), Flor Lateral Direita (FLD) e Flor Lateral Esquerda (FLE).

Tratamentos	I/F (N)	Após 30 dias			Após 60 dias		
		FC	FLD	FLE	FC	FLD	FLE
Polinização Natural	27/81	14	17	17	4	1	1
Autopolinização Espontânea	48/144	8	11	15	0	0	0

Fonte: João Vitor Andrade Magalhães.

3.4 RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DOS VISITANTES FLORAIS

Na amostragem durante o período seco, as flores de *P. guajava* foram visitadas por quatro espécies de abelhas que, juntas, totalizaram 1117 visitas (Tabela 4). Nesse período, foi observado que as abelhas iniciavam as visitas a partir da abertura das flores, intensificando-as

na primeira hora de observação (pico de visitas), com decréscimo desse número até as 11h:30min. Também foi observado que a maior riqueza de espécies de abelha foi registrada nesse pico, que coincide com o início da antese (Figura 4A).

No período chuvoso, foram registradas seis espécies de abelhas e duas espécies de besouros, uma delas não identificada, totalizando 1340 visitas (Tabela 4). Nesse período, os visitantes iniciavam as visitas a partir da abertura das flores, que abriram cerca de 20 minutos mais tarde em relação ao período seco, intensificando-as a partir da segunda hora de observação (pico de visitas), com decréscimo desse número até as 12h:30min. Diferentemente do observado no período seco, a maior riqueza de espécies ocorreu às 10h:30min (Figura 4B).

Apesar da maior riqueza de visitantes florais no período chuvoso, não houve diferença significativa no número de visitas (abundância de visitantes) entre os períodos (U, Z=0.58; p=0.2777; N=13).

A abelha *Apis mellifera* L. (Figura 3D) apresentou o comportamento de pousar diretamente sobre os estames, realizando caminhadas circulares em torno do carpelo e voos curtos na flor, coletando pólen com o par de pernas dianteiras e com o aparelho bucal e armazenando-o nas corbículas. No processo de coleta do pólen, a abelha tocava o estigma, ocasionalmente, devido ao seu tamanho em relação à flor, sendo, portanto, classificada como Pouco Eficiente. No entanto, apresentou elevada frequência de visitas, deslocando-se entre flores e plantas, proporcionando a geitonogamia e a deposição de pólen entre as flores dos indivíduos, sendo classificada como Abundante. O comportamento e a frequência de visitas foram semelhantes nos períodos seco e chuvoso. Considerando os critérios, *A. mellifera* foi considerada Polinizador Efetivo de *P. guajava* (Tabela 4).

A espécie *Trigona spinipes* F. e *Tetragonisca angustula* L. foram consideradas Pilhadores (Tabela 4), por coletar o pólen sem tocar no estigma da flor, devido ao seu tamanho e comportamento de voo. Ou seja, não é eficiente no transporte de pólen, apesar de ser um visitante floral classificado como frequente.

As espécies dos gêneros *Xylocopa* e *Centris* foram classificadas como Polinizadores Ocasionais, uma vez que, apesar de serem eficientes no transporte do pólen e de tocarem as estruturas reprodutivas masculinas e femininas, estas apresentaram baixa frequência de visitas (raras) no pomar estudado (Tabela 4). Essas abelhas pousavam na flor e realizam a polinização por vibração. O seu comportamento se caracterizava por pouso no centro da unidade floral, abraçando-a e entrando em contato com grande número de anteras ao mesmo tempo. Assim, os grãos de pólen ficavam aderidos na região ventral do tórax que, ao visitar

outras flores, toca o estigma logo após o pouso, em uma posição central em relação às anteras, caracterizando uma polinização esternotríbica.

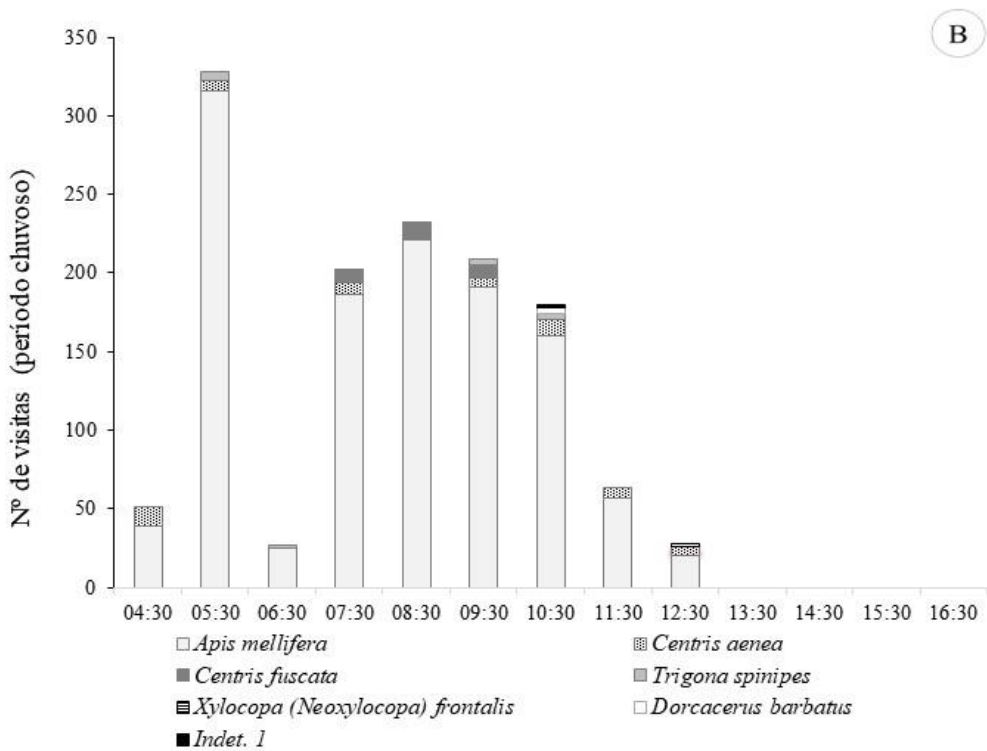
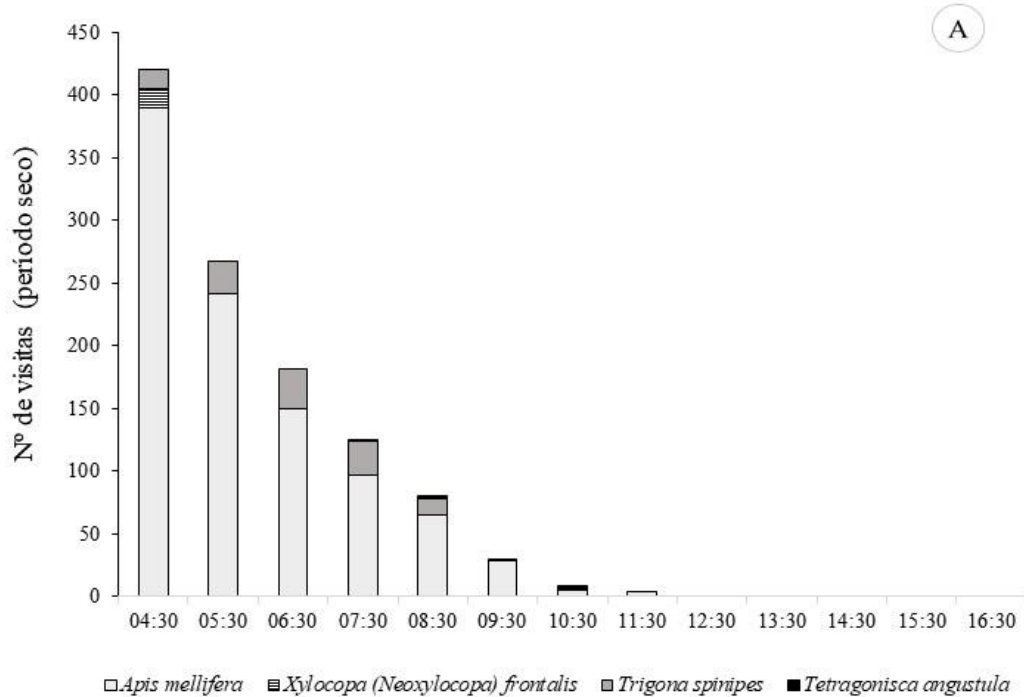
Duas espécies da ordem Coleoptera foram registradas durante as observações e foram classificadas como Pilhadores, uma vez que foram ineficientes no transporte e deposição do pólen (Tabela 4). A espécie *Dorcacerus barbatus* O. (Figura 3F) foi observada se alimentando do pólen. Embora, devido ao seu tamanho, tocasse ocasionalmente as estruturas reprodutivas da flor, o pólen não foi observado aderido ao seu corpo. Diferentemente de *D. barbatus*, a espécie Indet. 1 é um besouro bem pequeno em relação à flor. Este pousava diretamente sobre as anteras da flor, caminhando sobre esta, comendo pólen sem tocar no estigma.

Tabela 4. Visitantes florais de *Psidium guajava* L., cultivar ‘Paluma’ nos períodos seco e chuvoso na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB. Classe de frequência: Abundante (Ab), Frequente (F) e Raro (R). Comportamento: Eficiente (E), Pouco eficiente (PEf) e Ineficiente (I). Classe de visitante: Polinizador efetivo (PE), Polinizador Ocasional (PO) e Pilhador (PI).

PERÍODO SECO				
Visitantes florais	N.º de visitas / (%)	Classe de frequência	Comportamento	Classe de visitante
HYMENOPTERA				
<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1759)	981/ 87.8	Ab	PEf	PE
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	115/ 1.3	F	I	PI
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	15/ 10.3	R	E	PO
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	6/ 0.5	R	I	PI
PERÍODO CHUVOSO				
Visitantes florais	N.º de visitas / (%)	Classe de frequência	Comportamento	Classe de visitante
HYMENOPTERA				
<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1759)	1215/ 94.0	Ab	PEf	PE
<i>Centris (Centris) aenea</i> (Lepeletier, 1842)	54/ 3.0	R	E	PO
<i>Centris (Trachina) fuscata</i> (Lepeletier, 1842)	27/ 0.9	R	E	PO
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	16/ 0.4	R	I	PI
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	2/ 0.1	R	E	PO
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens</i> (Lepeletier, 1842)	26/ 1.5	R	E	PO
COLEOPTERA				
<i>Dorcacerus barbatus</i> (Olivier, 1790)	4/ 0.2	R	I	PI
Indet. 1	2/ 0.1	R	I	PI

Fonte: João Vitor Andrade Magalhães.

Figura 4. Frequência de visitas ao longo do dia (24 horas) às flores de *Psidium guajava* L., cultivar ‘Paluma’ nos períodos seco (A) e chuvoso (B) na Fazenda São Paulo dos Dantas (FASP), Prata/PB.



Fonte: João Vitor Andrade Magalhães.

4 DISCUSSÃO

Considerando o sistema de manejo adotado (poda de frutificação e irrigação), apesar dos indivíduos de *Psidium guajava* L. apresentam eventos reprodutivos sub-anuais, a população apresenta padrão contínuo (*sensu* NEWSTROM *et al.* 1994), produzindo flores e frutos o ano todo, com dois momentos de maior concentração, um no período seco e outro no período chuvoso. Isso garante a colheita contínua de frutos e duas safras durante o ano e, com auxílio da irrigação, a produção aumenta em 22.8 kg por planta/ano (PEREIRA, KAVATI, 2011, VITTI, *et al.*, 2020).

As condições ambientais são fatores determinantes para a duração das fases fenológicas das plantas, bem como para o sucesso na produção de flores e frutos (PROENÇA; GIBBS, 1994; CUNHA; LUCENA; BONILLA, 2016). Estudo realizado por (GRESSLER, 2005) relatou que a floração e a frutificação em espécies de Myrtaceae em ambiente natural ocorrem na estação mais quente e chuvosa do ano.

No pomar irrigado de *P. guajava*, é de esperar que a produção de flores e frutos não dependa da precipitação e que os efeitos da evapotranspiração sejam atenuados. No entanto, quando a irrigação se tornou irregular no período seco, foi registrada elevada taxa de aborto das estruturas reprodutivas, especialmente de frutos verdes entre 30 e 60 dias após a polinização. Ao comparar com o estudo realizado em pomares de goiabeira por SIQUEIRA *et al.*, (2012) e CALAZANS (2019), os quais apresentaram, respectivamente, apenas 24.5% e 26% de taxa de aborto aos 30 dias, a taxa de aborto por falhas na irrigação em área de Caatinga chegou a 40.7% (esse estudo). Sendo assim, apesar da goiabeira apresentar queda fisiológica natural dos frutos, o estresse hídrico causado pela elevada evapotranspiração e baixa disponibilidade de água contribui para o aumento das taxas de aborto de flores e frutos, como sugerido em alguns trabalhos (MOURA, 2005, SOUZA, BERNARDO, *et al.*, 1997).

A diferença no período de antese entre os períodos seco e chuvoso também foi observada por outros autores, os quais sugerem que isso seja influenciado pela temperatura (MEDINA, *et al.*, 1988, BOTI, 2001).

Os dados da biologia floral apresentados estão de acordo com os registrados na literatura. Entretanto, o número de óvulos registrado por SIQUEIRA (2012) foi maior, com diferença de 145 óvulos por flor (BOTI, 2001, SIQUEIRA, KIILL, *et al.*, 2012, SIQUEIRA, 2012). A razão P/O indica que a espécie seja xenogâmica obrigatória, segundo CRUDEN (1977), o que sugere a dependência de vetores bióticos para a reprodução. No entanto, os experimentos confirmaram que a espécie é autógama. Porém, mesmo sendo autocompatível, a espécie possui estratégias para evitar a autopolinização, como a presença das “pétalas

modificadas” recobrando o estigma no botão floral, bem como a hercogamia resultante do tamanho do carpelo, deixando-o 4,6 mm acima dos estames maiores. Os testes de autopolinização espontânea mostraram que essas estratégias não são suficientes para evitar a autopolinização e as observações dos visitantes mostraram haver geitogamia mediada por insetos. A hercogamia da goiabeira é relatada em outros estudos (BOTI, 2001, ALVES, FREITAS, 2007, SIQUEIRA, 2012). Entretanto não há estudos sobre a ontogenia da pétala modificada em *P. guajava*. No final do período seco, a irrigação não foi homogênea para todos os indivíduos e, portanto, houve uma elevada taxa de aborto em decorrência da falta de água.

As flores da goiabeira apresentam características compatíveis com a síndrome de polinização por abelhas (*sensu* FAEGRI, PIJL, 1979). Durante a antese, essas características são marcantes, os grãos de pólen estão disponíveis sem nenhuma restrição, uma vez que a corola é aberta e a flor é generalista e permite a visita de qualquer inseto.

Neste estudo, observamos que as abelhas do gênero *Centris* e *Xylocopa* foram eficientes na polinização. Pesquisas sobre a eficiência de abelhas na polinização da goiabeira também mostraram que abelhas maiores, como as espécies dos gêneros *Centris*, *Euglossa* e *Xylocopa*, foram classificadas como polinizadores efetivos (ALVES, FREITAS, 2006, BOTI., *et al.*, 2005, SIQUEIRA, KIILL, *et al.*, 2012, SIQUEIRA, 2012). Além disso, a eficiência de espécies nativas dos gêneros *Centris* e *Xylocopa* como polinizadores também foi observada em outras espécies de Myrtaceae, como *Campomanesia pubescens* e *Psidium guineense* Sw. (GRESSLER, PIZO, *et al.*, 2006, PROENÇA, GIBBS, 1994).

A espécie *A. mellifera* já foi relatada neste estudo como polinizadora pouco eficiente das flores de *Psidium guajava*. Especificamente, o estudo realizado por FREITAS & ALVES (2008), mostrou que apenas uma visita é suficiente para assegurar o vingamento dos frutos e sementes da goiabeira. No entanto, foi observado no presente estudo que essa abelha não transfere o pólen em todas as visitas, pois nem sempre toca o estigma, o que acontece ocasionalmente durante os voos curtos na flor. Sendo assim, podemos sugerir que apenas uma visita eficiente dessas abelhas seja suficiente para polinização, no entanto, estas não são sempre eficientes em suas visitas, em função do tamanho do seu corpo em relação à flor. Esta espécie também foi relatada como uma das mais abundantes e frequentes nos pomares de goiaba (ALVES; FREITAS, 2006; SIQUEIRA *et al.*, 2012; CALAZANS, 2019), o que parece ser esperado, considerando que estas são muito bem adaptadas à Caatinga, mesmo não sendo abelhas nativas (ZANELLA, 2008; KLEINERT; GIANNINI, 2012). Por outro lado, experimentos realizados por MALERBO, *et al.*, (1991), mostraram que, à medida que a

frequência da *A. mellifera* diminui, há um aumento da frequência de abelhas nativas (KLEINERT, GIANNINI, 2012), uma vez que as abelhas nativas não se aproximavam das flores com a presença de *A. mellifera* (ALVES, FREITAS, 2006, BOTI., *et al.*, 2005, SIQUEIRA, KIILL, *et al.*, 2012, SIQUEIRA, 2012).

Na Caatinga, a variação na riqueza de visitantes florais durante o ano é explicada pela sazonalidade, que ocasiona aumento na abundância e riqueza de insetos no período chuvoso, em função da maior disponibilidade de recursos, inclusive de recursos florais, durante essa estação (AGUIAR, MARTINS, 1997, MACHADO, BARROS, *et al.*, 1997, ZANELLA, 2008). Por outro lado, no pomar estudado, a abundância de visitantes florais não variou significativamente entre os períodos, uma vez que as visitas da abelha *A. melífera* apresentaram pouca variação, por ser uma espécie resistente à seca e ter colônias populosas (ZANELLA, 2008; KLEINERT; GIANNINI, 2012). Dessa forma, a produtividade da goiabeira na Caatinga pode ser mais limitada por condições hídricas do que por falta de polinizadores efetivos.

5 CONCLUSÃO

- A poda de frutificação associada à irrigação favorece a produção contínua de frutos de *Psidium guajava*, com duas safras por ano.
- As espécies do gênero *Centris* e *Xylocopa* são as mais eficientes na polinização da goiabeira, porém apresentam menor abundância durante o período seco na área de estudo.
- A produção de frutos no período seco deve-se principalmente à alta abundância da abelha *Apis mellifera*, apesar dessa espécie ser pouco eficiente na polinização da goiabeira.
- O baixo sucesso reprodutivo da goiabeira durante o período seco na área de estudo provavelmente ocorreu em consequência ao prolongado déficit hídrico.

6. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C. M. L., MARTINS, C. F. "Abundância relativa, diversidade e fenologia de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) na Caatinga, São João do Cariri, Paraíba, Brasil", **Iheringia. Série Zoológica**, v. 83, p. 151–163, 1997. .
- ALEXANDER, M. P. "A versatile stain for pollen fungi, yeast and bacteria", **Biotechnic and Histochemistry**, v. 55, n. 1, p. 13–18, 1980. DOI: 10.3109/10520298009067890. .
- ALVES, J. E., FREITAS, B. M. "Comportamento de pastejo e eficiência de polinização de cinco espécies de abelhas em flores de goiabeira (*Psidium guajava* L.)", **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 2, p. 216–220, 2006.
- ALVES, J. E., FREITAS, B. M. "Requerimentos de polinização da goiabeira", **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1281–1286, 2007. DOI: 10.1590/s0103-84782007000500010. .
- ANDRADE, M. V., ANDRADE, A. P. de, SILVA, D. S. da, *et al.* "Floristic Survey and Structures Phytosociological of the Herbaceous Extract and Subarbutive in Areas of Caatinga in the Cariri Paraíba, Brazil", **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 229–237, 2009. .
- ARAUJO, H. F. P., VASCONCELLOS, A., SANTOS, B.A.; DIAS, B.O. MACHADO, C. C. C., *et al.* **Replicabilidade de um sistema sustentável e altamente produtivo na região mais seca do Brasil. Projeto Chamada MCTI/CNPq Nº 19/2017 – Nexus I: Pesquisa e Desenvolvimento em Ações Integradas e Sustentáveis para a Garantia da Segurança Hídrica e Alimentar.**, 2017.
- AYRES, M., AYRES, D., SANTOS, A., *et al.* "BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas", 2007.
- BANASZAK, J., JAROSZEWICZ, B. "Bees of the Bialowieza National Park and adjacent areas, NE Poland (Hymenoptera: Apoidea, Apiformes)", **Polish Journal of Entomology**, v. 78, n. 4, 2009.
- BORGES, B. C., BAPTISTA, G. M. de M., MENESES, P. R. "Identification of Hydromorphic Areas by Means of Spectral Analysis of Remote Sensing Data, as Support for the Preparation of Forensic Reports Issued to Evaluation of Rural Properties", **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 6, p. 1062–1077, 2014. DOI: 10.5935/1984-2295.20140015. .
- BOTI, J. B. POLINIZAÇÃO ENTOMÓFILA DA GOIABEIRA (*Psidium guajava* L., Myrtaceae): INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS EM SANTA TERESA, ESPÍRITO SANTO. 2001. 1–29 f. 2001.
- BOTI, J. B., CARNPOS, L. A. de O., JUNIOR, P. D. M., *et al.* "Influência Da Distância De Fragmentos Florestais Na Polinização Da Goiabeira", **Revista Ceres**, v. 52, n. 304, p. 863–874, 2005. .
- BUCHORI, D., RIZALI, A., LARASATI, A., *et al.* "Natural habitat fragments obscured the distance effect on maintaining the diversity of insect pollinators and crop productivity in

tropical agricultural landscapes", **Heliyon**, v. 5, n. 01425, p. 1–14, 2019. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.

CALAZANS, C. C. **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. 1–40 f. Universidade Federal de Sergipe, 2019.

CRUDEN, R. W. "POLLEN-OVULE RATIOS: A CONSERVATIVE INDICATOR OF BREEDING SYSTEMS IN FLOWERING PLANTS", **Evolution**, v. 31, n. 1, p. 32–46, mar. 1977. DOI: 10.1111/j.1558-5646.1977.tb00979.x. .

CUNHA, L. L. T., LUCENA, E. M. P., BONILLA, O. H. "Exigências térmicas da floração à frutificação de quatro espécies de Myrtaceae em ambiente de Restinga", **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 09, n. 02, p. 511–225, 2016. Disponível em: www.ufpe.br/rbgfe. Acesso em: 5 mar. 2020.

D´AVILA, 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. .

DAFNI, A., KEVAN, P., HUSBAND, B., "Practical Pollination Biology.". **Eviroquest Ltda**, Cambridge, Ontario, Canada, [s.n.], 2005. p. 590.

EMBRAPA. "Sistema de Produção de Goiabas para Pequenos Produtores do Rio Grande do Sul", **Embrapa Clima Temperado**, v. 22, n. 1676–7683, p. 1–150, 2015. Disponível em: www.embrapa.br/clima-temperado. Acesso em: 16 jan. 2020.

FAEGRI, K., PIJL, V. der. "The principles of pollination ecology", 1979.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations – Committee on Commodity Problems. Tropical Fruits Compendium.

FOURNIER, L. A. "Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles", **Turrialba**, v. 24, n. 4, p. 422–423, 1974. .

FRANKIE, G. W., BAKER, H. G., OPLER, P. . "Comparative Phenological Studies of Treelet and Shrub Species in Tropical Wet and Dry Forests in the Lowlands of Costa Rica", **The Journal of Ecology**, v. 62(3), p. 881–919, 1974. DOI: 10.2307/2259250. .

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 agrônômica**, v. 39, n. 01, p. 148–154, 2008a. .

FREITAS, B. M., ALVES, J. E. "Efeito do número de visitas florais da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) Na polinização da golabelra (*psidium guajava* l.) Cv. Paluma", **Revista Ciencia Agronomica**, v. 39, n. 1, p. 148–154, 2008b.

GALEN, C., PLOWRIGHT, R. C. "Testing the accuracy of using peroxidase activity to

indicate stigma receptivity", **Canadian Journal of Botany**, v. 65, n. 1, p. 107–111, 1 jan. 1987. DOI: 10.1139/b87-015. .

GRESSLER, E. **Floração e frutificação de Myrtaceae de floresta atlântica: limitações ecológicas e filogenéticas**. **Aleph.**, 2005.

GRESSLER, E., PIZO, M. A., MORELLATO, L. P. C. **Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil**. **Revista Brasileira de Botânica.**, out. 2006

GUEDES, R. da S., ZANELLA, F. C. V., MARTINS, C. F., *et al.* "Déficit de polinização da aceroleira no período seco no Semiárido paraibano", **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 465–471, 2011. DOI: 10.1590/S0100-29452011005000060. .

IBGE. **Produção agrícola municipal, Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. Tabela 5457.**, 2018.

KEARNS, C., INOUE, D. **Techniques for pollination biologists**. Niwot, University press of Colorado, 1993.

KEVAN, P. G., PHILLIPS, T. P. **The economic impacts of pollinator declines: An approach to assessing the consequences**. **Conservation Ecology.**, The Resilience Alliance. , 2001

KLEIN, A. M., VAISSIÈRE, B. E., CANE, J. H., *et al.* "Importance of pollinators in changing landscapes for world crops", **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303–313, 7 fev. 2007. DOI: 10.1098/rspb.2006.3721. .

KLEINERT, A. D. M. P., GIANNINI, T. C. "Generalist bee species on Brazilian bee-plant interaction networks", **Psyche (London)**, v. 2012, 2012. DOI: 10.1155/2012/291519. .

KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, A., FÖLDESI, R., BÁLDI, A., *et al.* "The vulnerability of plant-pollinator communities to honeybee decline: A comparative network analysis in different habitat types", **Ecological Indicators**, v. 97, n. 10.1016, p. 35–50, 2019. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.09.047.

MACHADO, I. C. S., BARROS, L. M., SAMPAIO, E. V. S. B. "Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil", **Biotropica**, v. 29, n. 1, p. 57–68, 1997. DOI: 10.1111/j.1744-7429.1997.tb00006.x. .

MAÊDA, J. M. **Manual para uso da Câmara de Newbauer para contagem de pólen em espécies florestais**. 1985. 1–5 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1985.

MALERBO, D. T. dos S., TOLEDO, V. D. A. A. De, NOGUEIRA-COUTO, R. H. "Polinização entomófila em jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg.)", **Ciência Zootécnica**, v. 6, n. 1, p. 3–5, 1991. .

MEDINA, J. C., GARCIA, J. L. M., KATO, K., *et al.* "Goiaba: da cultura ao processamento e

comercialização", **INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (Campinas, SP)**, v. 2, p. 1–20, 1988.

MILLIKEN, W., GASSON, P., PAREYN, F., *et al.* "Impact of management regime and frequency on the survival and productivity of four native tree species used for fuelwood and charcoal in the caatinga of northeast Brazil Keywords: Caatinga Sustainable forest management Coppicing Pollarding Crown thinning ", **Biomass and Bioenergy**, v. 116, n. June, p. 18–25, 2018. DOI: 10.1016/j.biombioe.2018.05.010.

MORELLATO, L. P. C., TALORA, D. C., TAKAHASI, A., *et al.* "Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study1", **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811–823, dez. 2000. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00620.x. .

MOURA, M. S. B. DE. **CONSUMO HÍDRICO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO FRUTO DA GOIABEIRA IRRIGADA NA REGIÃO DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**. 2005. 1–111 f. 2005.

NEWSTROM, L. E., FRANKIE, G. W., BAKER, H. G. "A New Classification for Plant Phenology Based on Flowering Patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica", **Biotropica**, v. 26, n. 2, p. 141, 1994. DOI: 10.2307/2388804.

PAREYN, F., MILLIKEN, W., BARACAT, A., *et al.* "Cuidando da Caatinga", **Associação Plantas do Nordeste (APNE) & Royal Botanic Gardens**, p. 1–24, 2013. .

PEREIRA, F. M., KAVATI, R. "Contribuição da Pesquisa Científica Brasileira no Desenvolvimento de Algumas Frutíferas de Clima Subtropical", **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. SPEC. ISSUE 1, p. 092–108, out. 2011. DOI: 10.1590/s0100-29452011000500013. .

PIZA JUNIOR, C. D. T. "Condução e poda da goiabeira", p. 33–62, 1997. .

PROCLIMA. **Programa de monitoramento climático em tempo real da Região Nordeste**. 2012. INPE/CPTEC. Disponível em: <http://proclima.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 5 fev. 2020.
PROENÇA, C. E. B., GIBBS, P. E. "Reproductive biology of eight sympatric Myrtaceae from Central Brazil", **New Phytologist**, v. 126, n. 2, p. 343–354, 1 fev. 1994. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1994.tb03954.x.

PROESMANS, W., BONTE, D., SMAGGHE, G., *et al.* "Importance of forest fragments as pollinator habitat varies with season and guild", **Basic and Applied Ecology**, v. 34, p. 95–107, fev. 2019. DOI: 10.1016/j.baae.2018.08.004.

SANTOS, J. C., LEAL, I. R., ALMEIDA-CORTEZ, J. S., *et al.* "Caatinga: The scientific negligence experienced by a dry tropical forest", **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 276–286, set. 2011. DOI: 10.1177/194008291100400306.

SERRANO, L. A. L., MARINHO, C. S., SILVA, M. G. e, *et al.* "Características fenológicas e produtivas da goiabeira ‘paluma’ podada em diferentes épocas e intensidades no norte fluminense", **Revista Ceres**, v. 55, n. 5, p. 416–424, 2008. .

SIQUEIRA, K. M. M. de, KIILL, L. H. P., MARTINS, C. F., *et al.* "Ecologia da polinização

de *Psidium guajava* L. (Myrtaceae): riqueza , frequência e horário de atividades de visitantes florais em um sistema agrícola", **Semana Entomológica da Bahia (SINSECTA)**, v. 24, n. 2236–4420, p. 150–157, 2012. .

SIQUEIRA, K. M. M., "Polinização da Goiabeira (*Psidium guajava* L)". **III Semana dos Polinizadores**, 2012. p. 139–156.

SLAA, E. J., SÁNCHEZ CHAVES, L. A., MALAGODI-BRAGA, K. S., *et al.* "Stingless bees in applied pollination: Practice and perspectives", **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 293–315, 22 mar. 2006. DOI: 10.1051/apido:2006022. Disponível em:

SOUZA, EF, BERNARDO, S, GOIABEIRA, FAA Couto - Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da. "Influência da irrigação na goiabeira (*Psidium guajava* L. var. Ogawa III). II: Florescimento e vingamento dos frutos". **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA**, 1997. , p. 171.

SRITONGCHUAY, T., HUGHES, A. C., MEMMOTT, J., *et al.* "Forest proximity and lowland mosaic increase robustness of tropical pollination networks in mixed fruit orchards", **Landscape and Urban Planning**, v. 192, 2019. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2019.103646.

VASCONCELLOS, A., ANDREAZZE, R., ALMEIDA, A. M., *et al.* "Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil", **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 471–476, 2010. DOI: 10.1590/s0085-56262010000300019. Disponível em:

VITTI, K. A., LIMA, L. M., FILHO, J. G. M. "Agricultural and economic characterization of guava production in Brazil", **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 1, 2020. DOI: 10.1590/0100-29452020447. .

ZANELLA, F. C. V., MARTINS, C. F. "Biodiversidade de abelhas na Caatinga", **III Semana dos Polinizadores: Palestras e Resumos**, p. 11–21, 2012. Disponível em: http://www.cpatas.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/SDC249.pdf. Acesso em: 12 dez. 2019.

ZANELLA, F. C. V. "Dinâmica temporal e espacial de abelhas solitárias no semiárido do Nordeste do Brasil", **ENCONTRO SOBRE ABELHAS**, p. 284–291, 2008. .