



**RENATA AMATO MOREIRA**

**POLINIZAÇÃO E INSETOS VISITANTES FLORAIS  
ASSOCIADOS À PITAIA**

**LAVRAS - MG  
2021**

**RENATA AMATO MOREIRA**

**POLINIZAÇÃO E INSETOS VISITANTES FLORAIS ASSOCIADOS À PITAIA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

Profa. Dra. Leila Aparecida Salles Pio  
Orientadora

**LAVRAS - MG  
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Moreira, Renata Amato.

Polinização e insetos visitantes florais associados à pitaia /  
Renata Amato Moreira. - 2021.

59 p. : il.

Orientador(a): Leila Aparecida Salles Pio.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2021.  
Bibliografia.

1. Pitaia. 2. Polinização. 3. Insetos visitantes florais. I. Pio,  
Leila Aparecida Salles. II. Título.

**RENATA AMATO MOREIRA**

**POLINIZAÇÃO E INSETOS VISITANTES FLORAIS ASSOCIADOS À PITAIA**  
**POLLINATION AND FLOWER-VISITING INSECTS ASSOCIATED WITH PITAYA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 26 de Novembro de 2021.  
Dra. Ana Claudia Costa UFLA  
Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza UFLA  
Dra. Dalíhia Nazaré dos Santos EMPAER  
Dra. Márcia Alessandra Brito de Aviz UFRA

Profa. Dra. Leila Aparecida Salles Pio  
Orientadora

**LAVRAS - MG**  
**2021**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade concedida para a realização do doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/ Fitotecnia por me permitir realizar esse sonho.

À minha orientadora, Dra. Leila Aparecida Salles Pio, pela orientação, confiança, compreensão, disponibilidade e paciência.

Ao professor Dr. José Darlan Ramos, pela breve orientação e colaboração.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Ana Claudia, Dr. Bruno Sardinha, Dra. Dalilha e Dra. Márcia Aviz que gentilmente aceitaram o convite para a avaliação deste trabalho.

Aos meus pais, Antônio José e Célia, que me deram a oportunidade de estudar fora e me apoiaram em todos os momentos da minha vida.

Aos meus irmãos Richard e Rodrigo, pelo carinho, apoio, compreensão e inspiração.

À toda minha família pelo apoio e incentivo.

Aos meus amigos, Luiza, Jéssica, Renata, Gabriela, Pedro, Murilo, Ana Beatriz, Martha, Mariane, Márcia, Carolina, Nathália, Ana, Layne, Jessyca, Natália, Natasha e Yago, pela amizade, companheirismo, ensinamentos, momentos de risadas e descontrações.

Em especial à Rafaela, pelo carinho, companheirismo, apoio e incentivo, além da ajuda na condução dos experimentos.

À Lívia pela ajuda e paciência nas realizações das análises estatística.

Ao Fábio, Alexandre, João, Rodrigo e Giovani, pela ajuda na condução dos experimentos.

À secretária Marli, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela atenção e colaboração durante todo o curso.

A todos que de alguma forma contribuíram.

## RESUMO

Para se produzir pitaia é essencial que ocorra a polinização, seja artificial ou natural, realizada por agentes polinizadores. Neste estudo avaliou-se a polinização artificial manual comparada com a natural, bem como a viabilidade do pólen das flores e receptividade dos estigmas de pitaia de polpa branca. Foi instalado um experimento com delineamento em blocos casualizados (DBC), composto de quatro tratamentos: T1: Autopolinização manual; T2: Polinização livre noturna; T3: Polinização livre diurna; T4: Polinização manual cruzada. O experimento teve quatro repetições, sendo 2 plantas por repetição (2 flores por planta), totalizando 16 flores por tratamento. As variáveis analisadas foram: massa do fruto, comprimento, diâmetro, acidez titulável, pH, sólidos solúveis e ratio; porcentagem de germinação dos grãos de pólen e receptividade dos estigmas. A polinização artificial (cruzada ou autopolinização) da pitaia de polpa branca é viável, resultando em frutos maiores comparados com a polinização natural. Durante todo o período de abertura floral, a flor de pitaia permanece com o estigma receptivo apto para receber o pólen, porém, a maior porcentagem de germinação do pólen ocorre às 19:00. Além disso, avaliou-se a comunidade de insetos visitantes florais na espécie *S. undatus* fora de sua área geográfica de origem. Foram selecionadas ao acaso 15 plantas de pitaia vermelha (*Selenicereus undatus*) com sete anos de idade. Em cada uma das plantas, foram selecionadas as flores que iriam abrir naquela noite para a coleta dos insetos visitantes florais. A coleta dos insetos foi realizada em dois períodos (diurno e noturno), que correspondem aos períodos de antese das flores de pitaia, por 2 anos de produção. Foram avaliadas as variáveis: número de visitas (contabilizado pelo número de vezes que os insetos tocaram os estigmas das flores) e as espécies visitantes. A partir dos dados do número de visitas dos insetos e a identificação destes, foi realizadas as análises de abundância (quantidade de insetos visitantes), riqueza (número de espécies) e diversidade (relação da quantidade de insetos com o número de espécies). A abelha *Apis mellifera* pode ser considerada potencial polinizadora da pitaia de polpa branca nas regiões de clima subtropical. Durante a floração da pitaia, foi encontrada uma abundância de insetos bem maior no período diurno. A planta atrai uma diversidade de visitantes florais que coletam recursos alimentares das flores. As condições de alta temperatura e baixas precipitação e umidade relativa em 2020 permitiram maior visitação dos insetos nas flores.

**Palavras-chave:** *Apis mellifera*. Biologia reprodutiva. *Selenicereus polyrhizus*. *Selenicereus undatus*. Polinizadores.

## ABSTRACT

To produce pitaya, it is essential that pollination occur, either artificially or by pollinating agents. In this study, we evaluated manual pollination compared to natural pollination, pollen viability, and stigma receptivity in white-fleshed pitaya. An experiment was conducted with a randomized block design consisting of four treatments: T1: manual self-pollination; T2: nocturnal open pollination; T3: diurnal open pollination; and T4: manual cross-pollination. The experiment had four replicates, with two plants per replicate (two flowers per plant), totaling 16 flowers per treatment. The analyzed variables were fruit weight, length, diameter, titratable acidity, pH, soluble solids, and SS/TA ratio; the germination percentage of pollen grains; and the receptivity of stigmas. Artificial pollination (cross or self-pollination) of white-pulped pitaya is viable, resulting in larger fruits compared to natural pollination. During the entire period of floral opening, the pitaya flower remains with the receptive stigma able to receive the pollen, however, the highest percentage of pollen germination occurs at 07:00 p.m. Besides, was to evaluated the community of flower-visiting insects in red dragon fruit (*S. undatus*) outside its geographic area of origin. Fifteen seven-year-old *H. undatus* plants were randomly selected. For each of the plants, the flowers that opened on a given night were surveyed for the collection of floral visitors. Insect collection was performed in two periods (daytime and nighttime), which correspond to the time of anthesis for dragon fruit flowers, over two years of production. The following variables were evaluated: number of visits (counted as the number of times an insects touched a flower stigma) and visiting species. From the data on the number of insect visits and their identification, analyzes of abundance (number of visiting insects), richness (number of species) and diversity (relation between the number of insects and the number of species) were performed. The bee *Apis mellifera* can be considered as a potential pollinator of white-fleshed pitaya in regions with a subtropical climate. During the flowering of the pitaya, a much greater abundance of insects was found during the daytime. The plant attracts a diversity of floral visitors who collect food resources from the flowers. The conditions of high temperature and low precipitation and relative humidity in 2020 allowed greater visitation of insects in flowers.

**Keywords:** *Apis mellifera*. Pollinators. Reproductive biology. *Selenicereus polyrhizus*. *Selenicereus undatus*.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	9
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	10
2.1 A cultura da pitaia .....	10
2.2 Polinização da pitaia .....	11
2.3 Biologia reprodutiva .....	13
2.4 Grão de pólen.....	14
2.5 Teste de verificação da viabilidade do grão de pólen.....	14
2.6 Interações planta-inseto .....	15
<b>3 REFERÊNCIAS</b> .....	16
<b>CAPÍTULO 2 POLINIZAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL DE PITAIA</b> .....	21
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	23
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
2.1 Local da experimentação e material vegetal.....	24
2.2 Avaliações físicas e químicas .....	26
2.3 Viabilidade do pólen.....	26
2.2 Receptividade do estigma.....	27
2.5 Análises estatística .....	27
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
3.1 Avaliações físicas e químicas .....	27
3.2 Receptividade do estigma .....	35
3.3 Viabilidade do pólen.....	36
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	38
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38
<b>CAPÍTULO 3 - INSETOS VISITANTES FLORAIS ASSOCIADOS À PITAIA</b> .....	41
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	43
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	44
2.1 Local da experimentação e material vegetal.....	44
2.2 Análise da comunidade de insetos visitantes florais.....	45
2.3 Análises estatísticas .....	45
<b>3 RESULTADOS</b> .....	46
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	50
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	55



<u>AGRADECIMENTOS</u> .....	55
<u>REFERÊNCIAS</u> .....	55

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL

### 1 INTRODUÇÃO

As pitaias são frutíferas pertencentes à família Cactaceae e são originárias das Américas Tropical e Subtropical. Apresentam características peculiares de acordo com a espécie, dentre as quais podem ser citadas *Selenicereus undatus* (Haw.) Britton e Rose, com frutos de casca vermelha e polpa branca; *Selenicereus polyrhizus*, que apresentam frutos com casca vermelha e polpa vermelha; *Selenicereus megalanthus* (K. Schum ex Vaupel), com frutos de casca amarela com espinhos e polpa branca; e *S. setaceus* (Rizz.), que tem frutos de casca vermelha com espinhos e polpa branca (HERNÁNDEZ; SALAZAR, 2012).

Devido ao fácil cultivo, exotismo, precocidade de produção, além de alto retorno econômico, o cultivo da pitaiá vem despertando o interesse de produtores brasileiros. No entanto, a pitaiá é uma cultura pouco estudada em comparação às tradicionais plantas frutíferas cultivadas. São necessárias mais pesquisas para dar subsídio aos produtores, pois ainda existem dúvidas que necessitam ser sanadas para a expansão da cultura no Brasil. Nesse contexto, é sabido que o ciclo reprodutivo da pitaiá tende a variar entre os anos, com base em dados climáticos da região (MARQUES et al., 2010). No entanto, pouco se sabe sobre as correlações dos fatores ambientais e da ecologia reprodutiva da pitaiá, bem como sobre os agentes polinizadores que são responsáveis pelo sucesso dos eventos que favorecem a polinização e consequentemente a frutificação da pitaiá.

Um dos obstáculos para aumentar a produção de pitaiá é a capacidade da planta de formar frutos. A taxa de fixação natural dos frutos é muito baixa devido à diversos fatores, como distância entre estigma e antera: a antera, órgão masculino, apresenta posição inferior ao estigma, que é o órgão feminino, na flor, ou alta precipitação no dia da antese, pois a água da chuva pode lavar o pólen e afastar insetos polinizadores (ARAGÃO et al., 2019), inibindo assim o sucesso da polinização natural.

Essas questões têm levantado diversas indagações e hipóteses entre técnicos envolvidos com a cultura, tais como: necessidade de polinização manual; polinização cruzada; viabilidade do grão de pólen e receptividade do estigma; agentes polinizadores; influência de fatores ambientais sobre o abortamento de flores, dentre outros. A polinização artificial manual com

diferentes genótipos e espécies, e a polinização cruzada efetuada por insetos podem ajudar no incremento da frutificação, no aumento da massa do fruto, aumento no número de sementes formadas, na vida de prateleira e no valor nutritivo (GARRATT et al., 2014, JUNQUEIRA; AUGUSTO, 2017, RICKLEFS, 2013).

Para a melhoria dos sistemas de cultivo da pitaia há necessidade de se colocar à disposição da comunidade científica e, posteriormente, aos produtores, informações precisas sobre o tema, pois há poucas informações na literatura, tanto internacionais quanto nacionais relacionadas à pitaia de forma geral. Portanto, estudos que visem esclarecer tais questões irão colaborar para a expansão da área cultivada de pitaia em território nacional e contribuir para a prosperidade do produtor de pitaia.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A cultura da pitaia**

A pitaia (*Selenicereus* spp.) é uma nova e promissora fruta no mercado, também conhecida como “dragon fruit”, “fruta-do-dragão” e “dama da noite”, produzida por várias espécies pertencentes à família Cactaceae (MUNIZ et al., 2019). As plantas desta família são capazes de tolerar frio e calor extremos, solos pobres em nutrientes e períodos de estiagem. Apresentam modificação do caule para armazenamento de água, redução ou ausência de folhas, superfícies recobertas com ceras naturais e abertura noturna dos estômatos para absorção de dióxido de carbono (metabolismo CAM), que permite que as mesmas tolerem as mais diferentes condições (TAIZ et al., 2021). Atualmente as espécies mais cultivadas e consumidas são a pitaia vermelha de polpa branca, a pitaia vermelha de polpa vermelha (*Selenicereus* sp.) e a pitaia amarela de polpa branca (*S. megalanthus*) (FAGUNDES et al., 2021).

A pitaia passou a ocupar um crescente mercado de frutas exóticas, sendo procurada não só pelo exotismo de sua aparência, como também por suas características organolépticas (MOREIRA et al., 2011), tais como: sabor doce e suave, polpa firme, e repleta de sementes com ação laxante. Apesar de originária das regiões tropicais e subtropicais, agora são distribuídas em todo o mundo (DE DIOS; MARTÍNEZ; CANCHÉ, 2014).

A pitaia é considerada uma planta perene, hemiepífita, com caule denominado de cladódio em formato triangular, suculento e com espinhos. Nos cladódios se encontram aréolas

constituídas de gemas axilares de onde surgem flores, frutos e ramificações. Dos cladódios também originam-se as raízes adventícias, sendo as mesmas responsáveis pela absorção de nutrientes e fixação da planta à estrutura onde se apoia, como o tutor. Dispõem de raízes basais fixadas no solo, as quais formam uma rede que pode se estender até 80 cm de diâmetro ao redor da base da planta e a profundidade de 20 a 35 cm, a qual serve como extratoras de nutrientes (PIO; RODRIGUES; SILVA, 2020).

As flores dessa cactácea são hermafroditas, com aproximadamente 30 cm de comprimento, aromáticas e brancas com os botões florais formados pouco antes da antese. Apresentam um rápido desenvolvimento, com flores que possuem abertura uma única vez, ocorrendo durante a noite (MUNIZ et al., 2020).

O fruto é uma baga indeiscente, apresenta formato globoso a elipsoide. Geralmente apresenta 10 a 15 cm de diâmetro, polpa branca ou vermelha, com casca escamosa vermelha ou amarela dependendo da espécie e podem pesar cerca de 1kg (TINDADE et al., 2019).

De todas as partes da planta, os frutos são os que apresentam maior importância econômica. São boa fonte de vitaminas e minerais, apresentando alto teor de potássio (ABREU et al., 2012). Podem ser consumidos tanto ao natural, como transformado numa gama de produtos industrializados como: sorvetes, geleias, sucos, caldas e doces (NURUL; ASMAH, 2014). O óleo presente nas sementes das pitaias possui aproximadamente 50% de ácidos graxos essenciais, sendo 48% de ácido linoleico e 1,5% de ácido linolênico (WICHIENTHOT, JATUPORNPIPAT, RASTALL, 2010).

Além dos benefícios diretos à saúde, Tambor et al. (2016) afirmam que a pitáia é uma fruta exótica, rica em flavonoides. Esses compostos fenólicos podem promover efeito fotoprotetor contra raios ultra violetas. Em estudo realizado por esses autores, concluiu-se que o extrato de cladódios de pitáia apresenta ação antioxidante, demonstrando ser um potencial ativo cosmético.

Na literatura são observados diversos trabalhos nas mais diferentes áreas com a cultura da pitáia, que corroboram os excelentes aspectos relacionados à saúde (CHOO; LING, 2016; TENORE et al., 2012; SANTANA et al., 2015 dentre outros). Fica evidente, a importância desta cultura, não somente para o mercado de frutas exóticas, como para o comércio de frutas de forma geral.

## **2.2 Polinização da pitáia**

A polinização pode ser caracterizada pela transferência dos grãos de pólen das anteras de uma flor para o estigma da mesma, ou para o estigma de outra flor da mesma espécie ou até espécies diferentes, denominando-se autopolinização e polinização cruzada, respectivamente (DAR et al., 2017). O processo de polinização é influenciado por agentes bióticos, como insetos ou animais polinizadores, ou abióticos, como o vento (BRITO; SOUZA, 2020). Os grãos de pólen são constituídos de duas células haploides, sendo uma delas vegetativa e responsável pela formação do tubo polínico e a outra célula generativa que passa por mitose, formando as células espermáticas, das quais uma fecundará a oosfera que, posteriormente, dará origem ao embrião.

Estima-se que quase 90% de todas as plantas com flores, sejam dependentes de animais para a polinização (OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011). As características das flores da pitaita são adaptadas para a polinização por mariposas e morcegos (UIEDA; BREDET, 2016). No entanto, Marques et al. (2012) observaram que no município de Lavras, a polinização cruzada em pitaita vermelha foi realizada apenas por abelhas da espécie *Apis mellifera*, não sendo encontrados morcegos e pássaros.

Para se produzir pitaita é essencial que ocorra polinização, seja por agentes polinizadores ou artificialmente. A polinização manual em *Hylocereus* é considerada simples, sendo facilitada pelas características florais. É realizada durante à noite, a medida que as flores vão se abrindo (MUNIZ et al., 2020). Em trabalho realizado por Silva et al. (2011) avaliando a qualidade de frutos de pitaita (*S. undatus*) em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura, não houve frutificação nas flores autopolinizadas, indicando auto-incompatibilidade. Por outro lado, os mesmos autores obtiveram 100% de frutificação em plantas onde foi realizada a polinização cruzada. Por outro lado, Muniz et al. (2020), em estudo conduzido em Fortaleza com as espécies *S. undatus* e *S. polyrhizus*, obtiveram 100% de frutificação em flores autopolinizadas. Resultado semelhante também foi obtido em estudo realizado por Lone et al. (2010).

Menezes (2015), estudando a polinização cruzada, a autopolinização em duas épocas e sua influência sobre a qualidade de fruto em pitaita vermelha (*S. undatus*), mencionam que ocorreu variação na porcentagem de polinização quando se comparou os dois tipos de polinização, tanto em janeiro quanto em abril. Os mesmos autores avaliaram as características físicas e químicas dos frutos de pitaita e observaram variações nas características físicas. Em janeiro, a autopolinização das flores influenciou positivamente na massa dos frutos; no entanto, em abril não ocorreu diferença entre as polinizações na variável citada. Infere-se que em abril a planta não possuía todas as condições necessárias para que ocorresse de forma satisfatória a polinização. No referido trabalho, observa-se o mesmo comportamento para a variável número

de sementes, fato que pode corroborar a inferência feita aqui, ou seja, em abril as condições climáticas em conjunto com o estado fisiológico das plantas podem não ter satisfeito as condições adequadas para a polinização adequada.

Assim, fica evidente a necessidade de novos estudos sobre o tema, em função de existirem trabalhos que não corroboram os mesmos fatos, principalmente com a pitiaia vermelha de polpa branca, principal cultivada no Brasil, com o intuito de compreender algumas correlações e interações relacionadas à polinização na pitiaia.

### **2.3 Biologia reprodutiva**

As flores da pitiaia são brancas, completas, laterais, com comprimento de 20 a 35 cm. Os estames são numerosos, acima de 800 em uma única flor, dispostos em duas fileiras, ao redor do pistilo formado por 14 a 28 estiletos de coloração creme. As sépalas são de cor verde-clara e o pólen amarelo é muito abundante (MENEZES et al., 2017).

O estigma é único e central na flor, contém lobos (projeções carnosas), apresentando 20 a 27 lóbulos. O ovário é ínfero, os estames têm diversas alturas, mas sempre abaixo do estigma, dificultando a autopolinização (SUBANDI; MUSTARI; ARI, 2018).

A antese das flores é noturna, com duração aproximada de 15 horas (MARQUES et al., 2011). O início da antese ocorre no final da tarde, aproximadamente às 17h e a abertura máxima ocorre entre 23h até 1h do dia seguinte (MARQUES, 2010). Quando a flor é fecundada, a parte inferior torna-se esverdeada e há um aumento de volume, indicando a fixação do fruto, enquanto as flores não fertilizadas tornam-se amareladas e caem inteiras após quatro a seis dias (MENEZES et al., 2017).

Os episódios de floração são cíclicos e ocorrem durante todo o período do florescimento. No município de Lavras, o florescimento compreende de novembro a março e a frutificação de janeiro a maio, observando botões florais em vários estádios, assim como frutos verdes e maduros. A emissão do botão floral até a maturação do fruto, varia de 50 a 60 dias (MARQUES et al., 2011). Esse tempo pode variar em função da região de cultivo, provavelmente pelas condições climáticas influenciarem no comportamento fenológico das plantas (SEGANTINI et al., 2010)

Marques et al. (2011) mencionam que a temperatura, a umidade relativa e a precipitação são as variáveis climáticas que mais interferem na fenologia da pitiaia. Entretanto, o fato de os

fatores climáticos atuarem simultaneamente, dificulta a identificação de cada um sobre os parâmetros fenológicos (BUSTAMANTE; BÚRQUEZ, 2008).

## 2.4 Grão de pólen

O grão de pólen é uma estrutura microscópica de coloração amarelada que apresenta número haploide de cromossomos e dará origem ao gameta masculino. É formado nas anteras, em estruturas chamadas sacos polínicos que contêm as "células-mãe" dos grãos de pólen; cada uma sofre meiose e origina quatro micrósporos, que sofrerão modificações morfológicas, transformando-se em grão de pólen adulto. O núcleo do pólen sofre mitose, resultando em dois núcleos, um reprodutivo e outro vegetativo. O núcleo reprodutivo originará dois microgametas e o vegetativo formará o tubo polínico (SANTOS et al., 2021).

O período de formação do tubo polínico é controlado por substâncias naturais de crescimento, as quais incluem tanto promotores quanto inibidores (SHARAFI, 2019). Fatores ambientais também podem interferir na viabilidade polínica. Quando a abertura da antera coincide com elevada umidade do ar, alta pressão osmótica do conteúdo celular do grão de pólen, aliada à baixa resistência de sua parede, há diminuição da viabilidade polínica (SHARAFI et al., 2017).

## 2.5 Teste de verificação da viabilidade do grão de pólen

Uma das premissas básicas para o sucesso em programas de melhoramento genético de qualquer natureza é o conhecimento prévio da viabilidade polínica, cujos objetivos no caso da pitaia é a busca por cultivares ricas em nutrientes e mais atrativas esteticamente (FRAGALLAH et al., 2019). Existem métodos citados na literatura que podem ser utilizados para obter informações sobre a viabilidade do pólen, como técnicas de coloração (JESUS et al., 2018; NUNES et al., 2012), germinação *in vivo* (ABDELGADIR et al., 2012; SOARES et al., 2014) e germinação *in vitro* (SHARAFI, 2011). Entre esses métodos, a avaliação por germinação *in vitro* é considerada uma forma prática e precisa (ZAMBON et al., 2014). A técnica de consiste em germinar uma pequena amostra de grãos de pólen em um meio de cultura apropriado, com visualização em microscópio óptico.

A germinação do pólen é influenciada por vários fatores, como espécie, estação do ano, composição e concentração do meio, tempo e temperatura de incubação, estágio de

desenvolvimento da flor quando coletada, condições de armazenamento e método de coleta (SHARAFI, 2019; SHARAFI et al., 2017). Para a promoção da germinação, o pólen necessita de fontes de carbono (sacarose), de boro (ácido bórico) e cálcio (cloreto de cálcio), que são elementos que reproduzem as condições oferecidas pela estrutura floral feminina ao receber o grão de pólen, sendo diferente para cada espécie (SILVA et al., 2017).

No meio de cultura, o açúcar proporciona equilíbrio osmótico entre o pólen e a solução de germinação e fornece energia para o processo de desenvolvimento do tubo polínico (FAGUNDES et al., 2021). A maior porcentagem de germinação com elevação da concentração de sacarose, pode ocorrer devido à maior disponibilidade de energia na forma de carboidrato (FIGUEIREDO et al., 2013).

A adição de boro consiste em formar complexo ionizável açúcar-borato, o qual afeta a membrana celular e é capaz de aumentar o comprimento do tubo polínico, a porcentagem de germinação e diminuir a probabilidade de seu rompimento (SHARAFI; RAINA, 2021).

O cálcio adicionado ao meio de cultura confere rigidez ao tubo polínico, propicia menor permeabilidade, e sua resposta dependerá da capacidade da espécie de suportar este elemento (SILVA et al., 2017).

O ágar, juntamente com o pH, atua como agente solidificador do meio, além de influenciar o equilíbrio osmótico e a absorção de nutrientes. Cada espécie frutífera apresenta resultados diferentes quanto à necessidade de concentração de ágar no meio, para maximizar a germinação (FAGUNDES et al., 2021)

O pH que proporciona um crescimento adequado da maioria das espécies vegetais situa-se na faixa de 5 a 6,5. Valores acima destes podem ocasionar uma paralisação do crescimento e do desenvolvimento *in vitro* (CHAGAS et al., 2009).

A análise da fertilidade dos grãos de pólen dos progenitores coletados no campo ou armazenados é indispensável antes de iniciar os cruzamentos, uma vez que o período anual de floração das plantas em estudo pode ser curto e, caso os pólenes não estejam viáveis, pode inviabilizar os cruzamentos (CHAGAS et al., 2010).

A busca por frutos do gênero *Hylocereus* tem aumentado nos últimos anos, e na literatura existem poucas informações sobre o estabelecimento de um meio de cultura para germinação *in vitro* de grãos de pólen da espécie.

## **2.6 Interações planta-inseto**



As interações exercidas pelas plantas envolvem uma série de organismos, desde grandes vertebrados, invertebrados, até microrganismos, como bactérias e fungos (VILELA; TOREZAN-SILINGARDI; DEL-CLARO, 2014). Contudo, a principal interação realizada pelas plantas é com os insetos. As associações antagônicas entre plantas e insetos ocorrem quando apenas uma das espécies envolvidas é beneficiada. Como exemplo, tem-se a herbivoria de sementes, botões florais ou o consumo de todas as partes da planta (SCHOWALTER, 2012). As interações neutras e mutualísticas ocorrem quando os dois indivíduos possuem vantagens, ou seja, há maior valor adaptativo. Portanto, trata-se de uma relação harmônica e positiva para ambos (PRICE et al., 2011). São exemplos de mutualismo a polinização e dispersão de sementes (DAVIS et al., 2014).

Vários trabalhos apontam os morcegos como polinizadores das flores de pitaita (WEISS et al., 1994; LE BELLEC, 2004; VALIENTE- BANUET et al., 2007). Marques et al. (2012) observaram a polinização cruzada em pitaita vermelha sendo realizada por abelhas *Apis mellifera*.

As relações planta-inseto são importantes na dinâmica e estruturação das comunidades terrestres (LANGE; DÁTILLO; DEL-CLARO, 2013). Essas têm sido apontadas como as principais responsáveis pela manutenção de cadeias tróficas, funcionamento dos ecossistemas, e para os processos e padrões que estruturam a biodiversidade na Terra (DEL-CLARO et al., 2013, FERREIRA; TOREZAN-SILINGARDI, 2013).

Os aspectos coevolutivos entre as flores e seus polinizadores se expressam por meio de inúmeras adaptações que otimizam a oferta de recursos e contribuem para maior eficiência reprodutiva das plantas (EVERT; EICHHORN, 2014).

### 3 REFERÊNCIAS

ABDELGADIR, H. A.; JOHNSON, S. D.; VAN STADEN, J. Pollen viability, pollen germination and pollen tube growth in the biofuel seed crop *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae). **South African Journal of Botany**, v. 79, p. 132-139, 2012.

ABREU, Wilson César de et al. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaitas vermelha e branca. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 71, n. 4, p. 656-661, 2012.

ARAGÃO, Daniele dos Santos; COSTA, Cristiana Barros Nascimento; DO NASCIMENTO, Viviany Teixeira. Biologia floral, fenologia reprodutiva e polinização de *Xylopia aromatica*

(Lam.) Mart. (Annonaceae) em uma área de Cerrado no oeste da Bahia. **Paubrasilia**, v. 2, n. 1, p. 17-26, 2019.

BUSTAMANTE, E.; BÚRQUEZ, A. Effects of plant size and weather on the flowering phenology of the organ pipe cactus (*Stenocereus thurberi*). **Annals of Botany**, London, v.102, n.6, p.1.019-1.030, 2008.

BRITO, Edinara Maria de; SOUZA, Alex Sandro Barros de. Análise da percepção de estudantes do ensino médio sobre os insetos: um estudo de caso na cidade de Douradina, Paraná. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2082-2095, 2020.

CHAGAS, Edvan Alves et al. Composição do meio de cultura e condições ambientais para germinação de grãos de pólen de porta-enxertos de pereira. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 231-236, 2010.

CHAGAS, Edvan Alves et al. Germinação in vitro de grãos de pólen de *Prunus persica* (L.) Batsch Vulgaris. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 5, 2009.

CHOO, Jia Chi; KOH, Rhun Yian; LING, Anna Pick Kiong. Medicinal properties of pitaya: a review. **Spatula DD**, v. 6, n. 2, p. 69-76, 2016.

DAR, Showket A. et al. Pollination and evolution of plant and insect interaction. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 3, p. 304-311, 2017.

DAVIS, Charles C. et al. Long-term morphological stasis maintained by a plant–pollinator mutualism. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 16, p. 5914-5919, 2014.

DE DIOS, Héctor Cálix; MARTÍNEZ, Roberta Castillo; CANCHÉ, Hilario J. Caamal. Caracterización de la producción de Pitahaya (*Hylocereus* spp.) en la Zona Maya de Quintana Roo, México. **Agroecología**, v. 9, p. 123-132, 2014.

DEL-CLARO, Kleber et al. The importance of natural history studies for a better comprehension of animal-plant interaction networks. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, 2013.

EVERT, R. F. EICHHORN, S. E. Raven. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2014.

FAGUNDES, Miriã Cristina Pereira et al. In Vitro Germination of Pollen Grains in Pitahaya Species. **International Journal of Fruit Science**, v. 21, n. 1, p. 556-564, 2021.

FERREIRA, Clébia Aparecida; TOREZAN-SILINGARDI, Helena Maura. Implications of the floral herbivory on Malpighiaceae plant fitness: visual aspect of the flower affects the attractiveness to pollinators. **Sociobiology**, v. 60, n. 3, p. 323-328, 2013.

FIGUEIREDO, Madeleine Alves de et al. Características florais e carpométricas e germinação in vitro de grãos de pólen de cultivares de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 7, p. 731-740, 2013.

FRAGALLAH, Seif Aldin Dawina Abdallah et al. Effects of sucrose, boric acid, pH, and incubation time on in vitro germination of pollen and tube growth of chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* L.). **Forests**, v. 10, n. 2, p. 102, 2019.

GARRATT, Michael PD et al. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 184, p. 34-40, 2014.

HERNÁNDEZ, Yolanda Donají Ortiz; SALAZAR, José Alfredo Carrillo. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 4, p. 220-237, 2012.

JESUS, Letícia da Guia Alves et al. Efficiency of colorimetric tests to determine pollen viability in peppers. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 8, n. 2, p. 77-82, 2018.

JUNQUEIRA, Camila N.; AUGUSTO, Solange C. Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. **Apidologie**, v. 48, n. 2, p. 131-140, 2017.

LANGE, Denise; DATTILO, Wesley; DEL-CLARO, KLEBER. Influence of extrafloral nectary phenology on ant-plant mutualistic networks in a neotropical savanna. **Ecological Entomology**, v. 38, n. 5, p. 463-469, 2013.

LE BELLEC, Fabrice. Pollinisation et fécondation de *Hylocereus undatus* et de *H. costaricensis* à l'île de la Réunion. **Fruits**, v. 59, n. 6, p. 411-422, 2004.

LONE, A. B.; TAKAHASHI, LSA; FARIA, R. T. Qualidade de frutos de pitaya em função de diferentes fontes de pólen. In: **Congresso brasileiro de fruticultura**. 2010.

MARQUES, VIRNA BRAGA. **Germinação, fenologia e estimativa do custo de produção da pitáia [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose]**. 2010. Tese de Doutorado. PhD thesis. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brazil.

MARQUES, V. B et al. Fenologia reprodutiva de pitáia vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, 2011.

MARQUES, Virna Braga et al. Ocorrência de insetos na pitáia no município de Lavras-MG. **Revista Agrarian**, v. 5, p. 88-92, 2012.

MENEZES, Thatiane Padilha et al. Autopolinização e qualidade de fruto em pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*). **Magistra**, v. 27, n. 3/4, p. 376-383, 2017.

MENEZES, Thatiane Padilha de et al. Artificial pollination and fruit quality in red pitaya. **Bio. J., Uberlândia**, v. 31, n. 3, p. 801-807, Mai/Jun. 2015.

MOREIRA, R. A. et al. Crescimento de pitáia vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.785-788, 2011.

MUNIZ, João Paulo de Oliveira et al. Complementary bee pollination maximizes yield and fruit quality in two species of self-pollinating pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 4, 2020.

MUNIZ, João Paulo de Oliveira et al. Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 4, p. 640-649, 2019.

NUNES, Renata de Castro et al. Morphology and pollen viability of *Lolium multiflorum* Lam. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 2, p. 180-188, 2012.

NURUL, S. R.; ASMAH, R. Variability in nutritional composition and phytochemical properties of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) from Malaysia and Australia. **International Food Research Journal**, v. 21, n. 4, 2014.

OLLERTON, Jeff; WINFREE, Rachael; TARRANT, Sam. How many flowering plants are pollinated by animals?. **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

PIO, L. A. S.; RODRIGUES, M. A.; SILVA, F. O. R. **O agronegócio da pitaia**. 1 edição. 321p. Lavras, MG. 2020.

PRICE, Peter W. et al. **Insect ecology: behavior, populations and communities**. Cambridge University Press, 2011.

RICKLEFS, R. E. A Economia da Natureza (2013). 6ed. **Rio de Janeiro: GuanabaraKoogan. 546p.**

SANTANA, A. T. M. C. et al. Perfil Físico-Químico e nutricional de iogurte à base de pitaia (*Hylocereus undatus*), enriquecido com Quinoa (*Chenopodium quinoa*) e sucralose. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.17, n.3, p.285-292, 2015.

SANTOS, Larissa Lemes do et al. Movimentação dos cromossomos na reprodução sexual das plantas—microsporogenese e espermatogênese—megasporogenese e singamia: revisão literária. **Pesquisa e desenvolvimento de abordagens para o ensino de ciências biológicas**, p. 53. 2021.

SEGANTINI, D.M.; TORRES, L.M.; BOLIANI, A.C.; LEONEL, S. Fenologia da figueira-da-índia em Selvíria—MS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.630-636, 2010.

SHARAFI, Yavar. In vitro pollen germination in stone fruit tree of Rosaceae family. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 28, p. 6021-6026, 2011.

SHARAFI, Yavar. Effects of zinc on pollen gamete penetration to pistils in some apple crosses assessed by fluorescence microscopy. **Caryologia. International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics**, v. 72, n. 3, p. 63-73, 2019.

SHARAFI, Yavar; RAINA, Madhu. Effect of Boron on Pollen Attributes in Different Cultivars of *Malus domestica* L. **National Academy Science Letters**, v. 44, n. 3, p. 189-194, 2021.

SHARAFI, Yavar; TALEBI, Seyyedeh Farhnaz; TALEI, Daryush. Effects of heavy metals on male gametes of sweet cherry. **Caryologia**, v. 70, n. 2, p. 166-173, 2017.

SCHOWALTER, T. D. Insect herbivore effects on forest ecosystem services. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 31, n. 6, p. 518-536, 2012.

SILVA, A. de C. C. da et al. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, V. 33, n. 4, p. 1162-1168, dez. 2011.

SILVA, Daniel Fernandes da et al. Viabilidade polínica e quantificação de grãos de pólen em espécies de fisális. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 365-373, 2017.

SOARES, Taliane Leila et al. In vivo fertilization of banana. **Ciencia rural**, v. 44, p. 37-42, 2014.

SUBANDI, Muhammad; MUSTARI, Eri; ARI, S. The crossing effect of dragon fruit plant cultivars (*Hylocereus* Sp.) on Yield. **International Journal of Engineering & Technology**, v. 7, n. 2, p. 29, 2018.

TAMBOR, Jéssica et al. FM. Avaliação da atividade antioxidante e fotoprotetora do extrato de cladódio de pitaya (*Hylocereus undatus*). **Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences**, v. 37, n. 1, 2016.

TAIZ, Lincoln et al. **Fundamentos de Fisiologia Vegetal-6**. Artmed Editora, 2021.

TENORE, Gian Carlo; NOVELLINO, Ettore; BASILE, Adriana. Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts. **Journal of functional foods**, v. 4, n. 1, p. 129-136, 2012.

TINDADE, Ana et al. Pitaia: perspectivas e dificuldades de uma “nova” cultura. **Agrotec**, v. 30, p. 32-34, 2019.

UIEDA, W.; BRED, A. Morcegos: agentes negligenciados da sustentabilidade. **Sustentabilidade em Debate, Brasília**, v. 7, n. 1, p. 186-209, 2016.

VALIENTE-BANUET, A. et al. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of Arid Environments**, v. 68, n. 1, p. 1-8, 2007.

VILELA, Andréa Andrade; TOREZAN-SILINGARDI, Helena Maura; DEL-CLARO, Kleber. Conditional outcomes in ant-plant-herbivore interactions influenced by sequential flowering. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 209, n. 7, p. 359-366, 2014.

WEISS, Julia; NERD, Avinoam; MIZRAHI, Yosef. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, v. 29, n. 12, p. 1487-1492, 1994.

WICHENCHOT, S.; JATUPORNPIPAT, M.; RASTALL, R. A. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food chemistry**, v. 120, n. 3, p. 850-857, 2010.

ZAMBON, Carolina Ruiz et al. Estabelecimento de meio de cultura e quantificação da germinação de grãos de pólen de cultivares de marmeleiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 400-407, 2014.

## CAPÍTULO 2 POLINIZAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL DE PITAIA

### RESUMO

Para se produzir pitaia é essencial que ocorra polinização, seja ela artificialmente ou naturalmente por agentes polinizadores. Com o intuito de compreender algumas correlações e interações relacionadas à polinizações na pitaia, objetivou-se com esse estudo avaliar a polinização artificial manual comparada com a natural, a viabilidade do pólen das flores e receptividade dos estigmas de pitaia de polpa branca. Foi instalado um experimento com delineamento em blocos casualizados, composto de quatro tratamentos: T1: Autopolinização manual; T2: Polinização livre noturna; T3: Polinização livre diurna; T4: Polinização manual cruzada. O experimento teve quatro repetições, sendo duas plantas por repetição (duas flores por planta), totalizando 16 flores avaliadas por tratamento. As variáveis analisadas foram: massa do fruto, comprimento, diâmetro, acidez titulável, pH, sólidos solúveis e relação sólidos solúveis e acidez titulável (ratio); porcentagem de germinação dos grãos de pólen e receptividade dos estigmas. A polinização artificial (cruzada ou autopolinização) da pitaia de polpa branca é viável, resultando em frutos maiores comparados com a polinização natural. Durante todo o período de abertura floral, a flor de pitaia permanece com o estigma receptivo apto para receber o pólen, porém, a maior porcentagem de germinação do pólen ocorre às 19:00.

**Palavras-chave:** Dragon fruit, grãos de pólen, *Selenicereus polyrhizus*, *Selenicereus undatus*, receptividade dos estigmas.

## ABSTRACT

To produce pitaya it is essential that pollination occur, either artificially or by pollinating agents. To understand some correlates and interactors of pollination in pitaya, we evaluated manual pollination compared to natural pollination, pollen viability, and stigma receptivity in white-fleshed pitaya. An experiment was conducted with a randomized block design consisting of four treatments: T1: manual self-pollination; T2: nocturnal open pollination; T3: diurnal open pollination; and T4: manual cross-pollination. The experiment had four replicates, with two plants per replicate (two flowers per plant), totaling 16 flowers per treatment. The analyzed variables were fruit weight, length, diameter, titratable acidity, pH, soluble solids, and SS/TA ratio; the germination percentage of pollen grains; and the receptivity of stigmas. Artificial pollination (cross or self-pollination) of white-pulped pitaya is viable, resulting in larger fruits compared to natural pollination. During the entire period of floral opening, the pitaya flower remains with the receptive stigma able to receive the pollen, however, the highest percentage of pollen germination occurs at 07:00 p.m.

**Key-words:** Dragon fruit, pollen grains, *Selenicereus polyrhizus*, *Selenicereus undatus*, stigma receptivity.

## 1 INTRODUÇÃO

A pitáia, cactácea originada da América Tropical e Subtropical, pertence ao grupo de frutíferas tropicais consideradas promissoras para o cultivo comercial. Seus frutos têm se destacado também no mercado de frutas exóticas, devido a suas características organolépticas, especialmente devido ao sabor agradável e adocicado, atraindo maior número de adeptos para o seu consumo. Os frutos podem ser consumidos tanto ao natural, como transformados em uma gama de produtos industrializados como sorvetes, geleias, sucos, caldas e doces (NURUL; ASMAH, 2014).

Para que o fruto de pitáia se forme, é essencial que ocorra a sua polinização, seja ela artificialmente ou por agentes polinizadores. A polinização pode ser caracterizada pela transferência dos grãos de pólen das anteras de uma flor para o estigma da mesma flor (denominando-se autopolinização) ou de outra flor da mesma espécie, ou mesmo de espécies diferentes (polinização cruzada) (DAR et al., 2017). A polinização é influenciada por agentes bióticos, como insetos e animais polinizadores, ou abióticos, como o vento e água (BRITO; SOUZA, 2020). As flores que não foram polinizadas não geram frutos, ocorrendo aborta dos mesmos. A falta de polinização pode estar ligada a diversos fatores, como distância entre estigma e antera, ou alta precipitação no dia da antese, pois a água da chuva pode lavar o pólen e afastar insetos polinizadores (ARAGÃO et al., 2019), inibindo assim o sucesso da polinização natural.

A polinização artificial manual com diferentes genótipos e espécies pode ajudar no incremento da frutificação e no aumento da massa do fruto (TRAN et al., 2015). A polinização artificial pode apresentar diferentes resultados, dependendo da cultivar doadora de pólen. A origem da variedade doadora do pólen pode influenciar no tempo entre a polinização e a colheita dos frutos. A polinização manual em *Selenicereus* é considerada simples, sendo facilitada pelas características florais. Esse processo deve ser realizado durante à noite, conforme as flores se abrem (MUNIZ et al., 2020). Apesar das flores de pitáia iniciarem sua abertura no período noturno, observa-se um maior número de visitantes florais no período diurno (MUNIZ et al., 2019), diminuindo assim o sucesso da polinização natural, visto que há um período de tempo muito reduzido para os polinizadores atuarem.



Com o intuito de compreender melhor algumas correlações e interações relacionadas à polinizações na pitiaia, objetivou-se avaliar a viabilidade da polinização manual de flores de pitiaia comparada com a polinização natural.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local da experimentação e material vegetal

Os experimentos foram implantados no Setor de Fruticultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais. A UFLA está situada a 21°14'S, 45°00'W e 841 m de altitude. O clima da região é classificado como Cwa subtropical, com inverno frio e seco, e verão quente e úmido (SOUZA et al., 2017).

Para a condução do trabalho foram utilizadas 64 flores de 32 plantas de pitiaia vermelha de polpa branca (*S. undatus*.) com 6 anos de idade, em espaçamento 2,0 x 2,5 m, conduzidas em palanques individuais de mourões de eucalipto com 1,80 m de altura. As flores foram selecionadas no período da tarde, quando foram observadas as pétalas de coloração branca entre as sépala, indicando a abertura naquela noite. Para evitar a polinização natural, as flores foram protegidas com copo plástico de 400 mL antes da antese (Figura 1).



Figura 1: Flor com indícios de abertura (A) e flor coberta com copo plástico (B). Fonte: do autor.

Foi instalado um experimento em delineamento em blocos casualizados, composto de quatro tratamentos: T1: Autopolinização manual (pólen depositado no estigma da mesma flor);

T2: Polinização livre noturna (flores sem proteção do copo plástico durante a noite); T3: Polinização livre diurna (flores sem proteção do copo plástico durante o dia); T4: Polinização manual cruzada (pólen da pitáia de polpa vermelha (*S. polyrhizus*) depositado no estigma da pitáia de polpa branca - *S. undatus*). O experimento teve quatro repetições (blocos), sendo utilizadas duas plantas por repetição e duas flores por planta, totalizando 16 flores avaliadas por tratamento (Figura 2).

A aplicação dos tratamentos e as avaliações aconteceram em duas safras consecutivas (2019 e 2020).

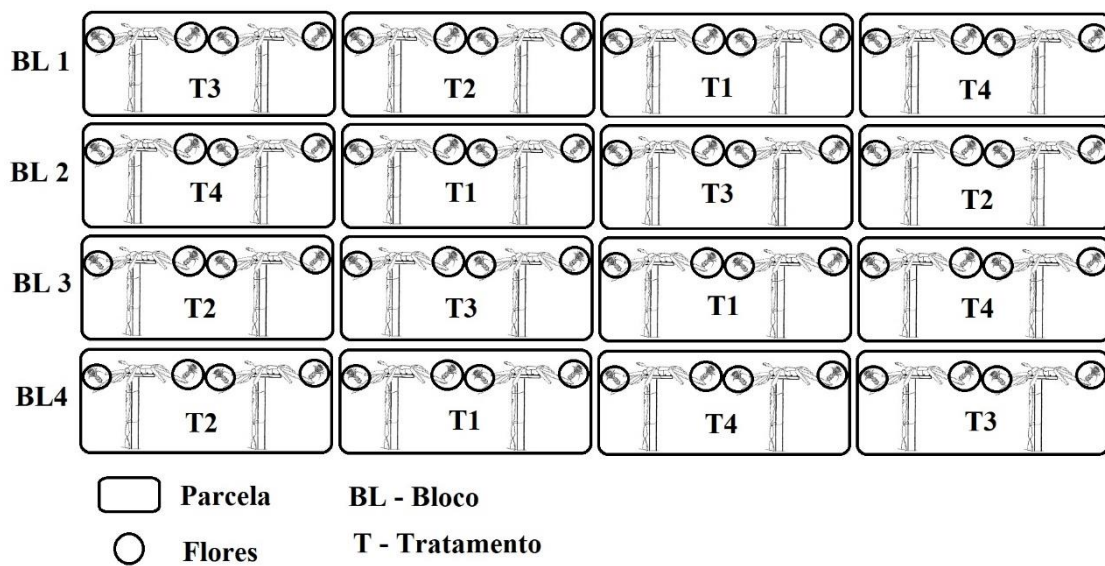


Figura 2: Croqui do experimento.

Às 20:00 foram retirados os copos plásticos e realizadas as polinizações cruzadas; isto é, em T4: pólen retirado de flores de pitáia de polpa vermelha (*S. polyrhizus*) foi depositado no estigma de flores de pitáia de polpa branca (*S. undatus*), e a autopolinização em T1: pólen coletado de pitáia de polpa branca foi colocado no estigma da mesma flor. Posteriormente, as flores foram emasculadas e protegidas com o copo plástico novamente. Para o tratamento T2 (polinização livre noturna), os copos foram retirados às 20:00 e colocados novamente às 5:30 da manhã seguinte. Já para o tratamento T3 (polinização livre diurna) os copos foram retirados às 5:30. Com dois dias, tendo as flores já murchado, foram retirados todos os copos que ainda permaneciam nas flores.

Os frutos produzidos foram colhidos no ponto de maturidade fisiológica (mudança da cor da casca de verde para vermelho), com aproximadamente 40 dias após a polinização. Em

seguida, foram avaliados no Laboratório de Pós-colheita do Setor de Fruticultura do Departamento de Agricultura da UFLA.

## 2.2 Avaliações físicas e químicas

Foram coletados os 16 frutos de cada tratamento, como previamente descrito. Para as avaliações dos frutos utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, sendo cinco repetições, considerando três frutos por repetição. As variáveis analisadas foram: massa do fruto, comprimento, diâmetro, acidez titulável, pH, sólidos solúveis e ratio. A massa do fruto foi obtida por meio de balança digital e o resultado expresso em gramas (g); o comprimento e diâmetro do fruto, foram medidos com paquímetro digital e expresso em mm. Para acidez titulável (%) foram pesados 1g da polpa do fruto em balança analítica que posteriormente foi transferido para erlenmeyers, adicionando-se 20 mL de água destilada. Acrescentou-se a esta solução três gotas de fenolftaleína a 0,1%, e em seguida foram realizadas as titulações, sob agitação, com solução de NaOH 0,1 N. Os resultados foram expressos em gramas de ácido málico por 100g de polpa (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC, 2007). O potencial hidrogeniônico (pH) foi medido por pHgâmetro de bancada Mpa-210A, sendo a leitura efetuada após a mistura de 1g de polpa com 20 mL de água. O teor de sólidos solúveis (%) foi determinado com refratômetro digital Vtest DBR45, sendo os resultados expressos em porcentagem. A relação SS/AT (ratio) foi obtida pela razão entre os teores de sólidos solúveis (SS) e a acidez titulável (AT).

## 2.3 Viabilidade do pólen

A viabilidade polínica das espécies de pitáia utilizadas no experimento anterior (*S. undatus* e *S. polyrizhus*) foi verificada *in vitro* no momento da abertura das flores (às 19:00) e na manhã seguinte às 7:00, quando as flores já iniciam seu fechamento. Antes da coleta, no período da tarde, foram selecionadas 16 flores de cada espécie que iriam abrir aquela noite. Metade das flores foi coberta com copos, para verificação da utilização desde método de proteção. A coleta dos grãos de pólen foi feita com pincel e armazenado em frasco até o transporte para o laboratório. O pólen coletado foi colocado em meio contendo 6g/L de ágar, 100g/L de sacarose, 518mg/L de nitrato de cálcio, 636 mg/L de ácido bórico, pH ajustado para 5,0 e cultivado a 25° C (FAGUNDES et al., 2021). A porcentagem de germinação foi registrada

sob um microscópio binocular (4x), 30 minutos após o plaqueamento e 12 horas depois, fazendo as contagens dos grãos de pólen germinados. Os grãos de pólen foram considerados germinados quando o tubo polínico mediu pelo menos duas vezes o diâmetro do grão de pólen (FIGUEIREDO et al., 2013).

## **2.2 Receptividade do estigma**

A receptividade do estigma foi avaliada também nas duas espécies utilizando uma solução de peróxido de hidrogênio a 3% com posterior visualização, de acordo com a metodologia de Dafni (1992) e Mandujano et al. (2013). A receptividade floral foi avaliada por meio da relação entre o número de estigmas viáveis pelo número de estigmas avaliados. A solução de peróxido de hidrogênio foi utilizada em um grupo de 15 flores no momento da coleta dos pólenes (PASTORIZA, 2016).

## **2.5 Análises estatística**

Os dados obtidos das análises físicas e químicas dos frutos, viabilidade do pólen e receptividade do estigma foram testados quando a normalidade usando Shapiro-Wilk. Posteriormente foi realizada a análise de variância e os valores médios foram comparados pelo teste de Tukey utilizando o programa Sisvar (FERREIRA, 2011).

# **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## **3.1 Avaliações físicas e químicas**

A Tabela 1 apresenta os resultados das primeiras polinizações realizadas dia 13/02/2019 com frutos coletados aos 37 dias após a polinização.

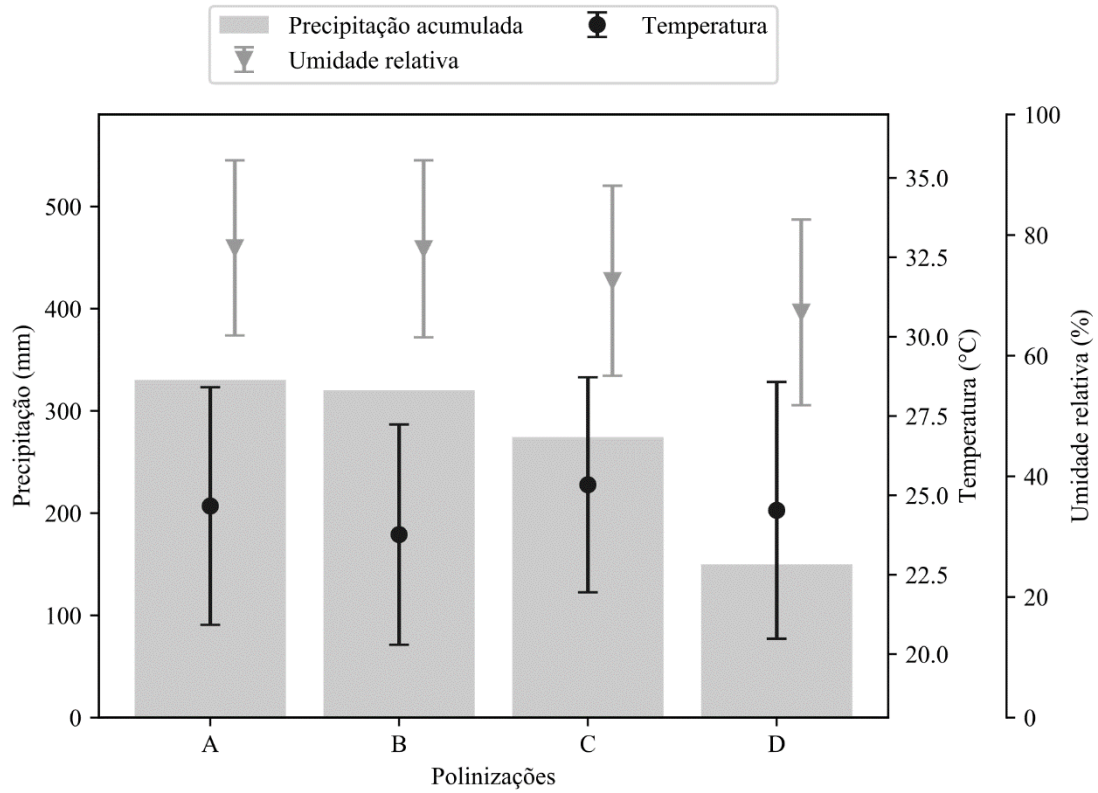
**Tabela 1:** Massa dos frutos (MF), comprimento (C), diâmetro (D), pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e ratio de frutos de pitaia obtidos por diferentes tipos de polinizações.

<b>Tratamentos</b>	<b>MF</b> (g)	<b>C</b> (mm)	<b>D</b> (mm)	<b>pH</b>	<b>AT</b> (%)	<b>SS</b> (°Brix)	<b>Ratio</b>
PC	636,28 a	116,2 a	96,58 a	3,1 c	0,78 a	14,5 a	19,2 b
AP	577,31 a	115,3 a	92,24 a	3,2 b	0,70 a	12,7 b	18,2 b
LD	211,90 b	75,40 b	69,22 b	3,3 b	0,38 b	13,6 ab	35,4 a
LN	212,80 b	76,62 b	61,99 b	3,7 a	0,38 b	13,4 ab	34,9 a
CV (%)	9,34	8,87	5,51	2,34	15,25	6,20	10,17

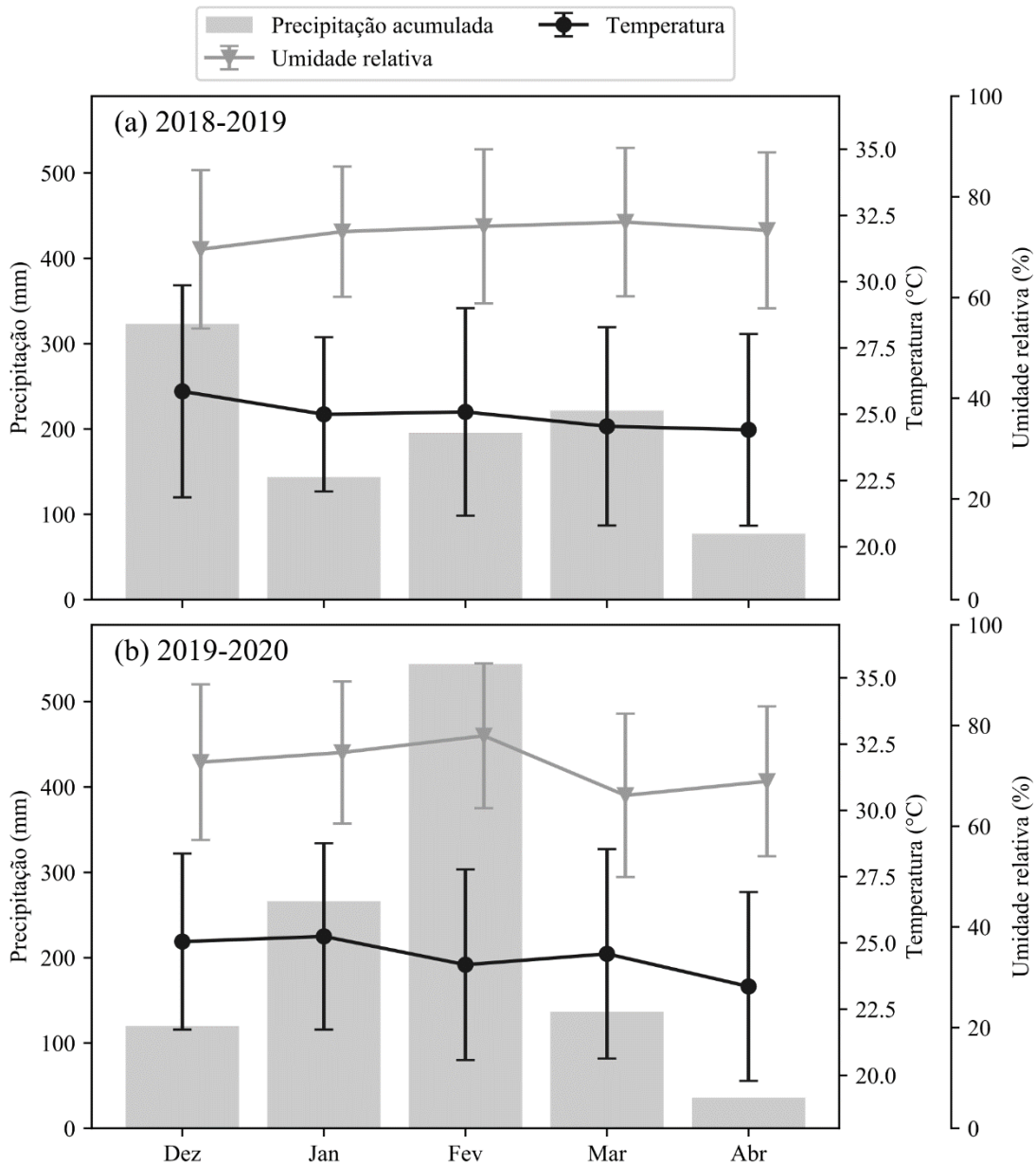
Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Polinizações do dia 13/02/19. Tratamentos: Polinização cruzada (PC), Autopolinização (AP), Polinização Livre Diurna (LD) e Polinização Livre Noturna (LN).

No mesmo período de polinização ocorreu alta precipitação (Figura 3 e 4), no entanto, com a aplicação da técnica de polinização manual (cruzada e autopolinização), obteve-se valores de massa, comprimento e diâmetro elevados em relação aos demais tratamentos, demonstrando a importância da utilização dessa intervenção. Acredita-se que a planta de pitaia apresente um mecanismo de proteção da flor em dias chuvosos, pois foi observado que durante a chuva as flores não abriram totalmente e ficaram arqueadas para baixo, desfavorecendo o molhamento do grão de pólen. Os copos que cobriam as flores também protegeram o pólen e o estigma, proporcionando bons resultados em relação ao tamanho do fruto.

**Figura 3** – Precipitação acumulada, média de temperatura e umidade relativa durante o período de polinização até colheita dos frutos, em que A: polinização realizada dia 13/02/2019; B: polinização realizada dia 14/02/2019; C: polinização realizada dia 06/12/2019; D: polinização realizada dia 04/03/2020.



**Figura 4** - Precipitação acumulada, média de temperatura e umidade relativa durante o período dos experimentos, onde (a) 2018-2019 e (b) 2019-2020.



Renfiyeni et al. (2018) trabalhando com efeito de modelos de polinização no rendimento de pitaia vermelha (*S. polyrhizus*), obtiveram com a polinização cruzada maiores frutos em relação à massa, diâmetro e comprimento comparando com a autopolinização e a polinização livre.

Na medida que se aumenta a quantidade de grãos de pólen viáveis depositados sobre o estigma das flores, aumentam-se também o tamanho dos frutos, o número de sementes e a percentagem de pegamento de frutos (MARTINS et al., 2014). Estes resultados demonstram

ainda mais a importância da polinização bem feita na cultura da pitáia, seja ela artificial ou natural.

Flores polinizadas espontaneamente por insetos (livres noturna e diurna) apresentaram frutos com menor valor de acidez (0,38) e conseqüentemente maior valor de pH quando comparadas com frutos de polinização manual (cruzada e autopolinização). Menezes et al. (2017) também encontraram valores semelhantes para acidez titulável na polinização espontânea dos frutos da mesma espécie, no entanto, e os valores de pH encontrados foram maiores que os obtidos neste estudo.

Os teores de sólidos solúveis foram influenciados pelo tipo de polinização e assemelham-se aos obtidos por Moreira et al. (2011).

Observa-se também que a maior relação SS/AT (ratio) foi obtida para frutos de flores polinizadas por insetos. A relação SS/AT (ratio) refere-se ao sabor dos frutos. Os sólidos solúveis são compostos por vitaminas, ácidos, açúcares, entre outros, sendo mais de 90% de sua composição representada pelos açúcares; portanto, é uma medida indireta do teor de açúcares nos frutos (FACHI et al., 2016).

A porcentagem de abortamento na polinização livre noturna foi alta (60%), seguida da livre diurna (40%). Possivelmente esses fatos ocorreram pela falta de polinização por parte dos insetos que, devido à chuva, não visitam as flores da pitáia. Apesar da chuva ter influenciado negativamente, já foi comprovado que o número de insetos visitantes nas flores de pitáia é muito maior no período diurno que noturno (MUNIZ et al., 2019), diminuindo assim o sucesso da polinização livre noturna. Silva et al. (2011) avaliando a qualidade de frutos de pitáia em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura, obtiveram 100% de frutificação em plantas com uso de polinização cruzada artificial.

Na segunda polinização, realizada no dia seguinte (14/02) com frutos colhidos 37 dias após a polinização, observa-se na Tabela 2 que os tratamentos em que foi realizada a polinização manual (cruzada e autopolinização) os resultados também sobressaíram sobre os dos demais tratamentos. Em relação às características químicas, não houve diferenças significativas para as variáveis analisadas pH e acidez titulável, mas houve diferença entre tratamentos para sólidos solúveis, no qual o tratamento de polinização livre noturna apresentou o menor valor, e na relação SS/AT (ratio) em que a polinização livre diurna teve maior valor.

Não houve ocorrência de abortamento de frutos nos tratamentos, exceto na polinização livre noturna (40%).



**Tabela 2:** Massa dos frutos (MF), comprimento (C), diâmetro (D), pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e ratio. Polinizações do dia 14/02/19.

Tratamentos	M. F. (g)	C. (mm)	D.(mm)	pH	A.T (%)	S.S (°Brix)	Ratio
PC	668,1 a	123,8 a	95,1 a	3,0 a	0,99 a	13,4 a	11,0 b
AP	500,2 b	108,0 b	85,9 a	3,0 a	0,95 a	13,5 a	11,5 b
LD	232,5 c	73,1 b	81,1 ab	3,0 a	0,94 a	14,0 a	17,7 a
LN	192,2 c	72,5 b	61,0 b	2,9 a	1,12 a	11,4 b	10,3 b
CV(%)	12,72	5,64	7,56	2,66	8,21	3,1	9,65

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Tratamentos: Polinização cruzada (PC), Autopolinização (AP), Polinização Livre Diurna (LD) e Polinização Livre Noturna (LN).

No período da antese ocorreram precipitações após a polinização manual, e mesmo sob essa intempérie a polinização cruzada e autopolinização favoreceram o desenvolvimento físico dos frutos. Observou-se mais uma vez que, além do mecanismo de proteção da flor pela planta da pitaia em dias chuvosos desfavorecer o molhamento do grão de pólen, os copos que cobriam as flores também forneceram proteção para o pólen e o estigma. Como consequência houve aumento do tamanho do fruto para as polinizações manuais, em que as flores foram protegidas com os copos plásticos.

Outra forma de evitar a perda de grãos de pólen quando as flores se molham é armazená-los para serem utilizados posteriormente, em uma próxima florada. O pólen pode permanecer viável desde vários minutos até dezenas de anos, variando entre as espécies (SHIVANNA, 2019). Para pitaia, o pólen selado e armazenado abaixo de 4 ° C ainda pode ser usado para polinização no dia seguinte; porém, constatou-se que a porcentagem de fixação do fruto e o tamanho do mesmo diminuíram (LI et al., 2020). Mais estudos precisam ser realizados sobre o armazenamento de pólen de pitaia para melhor elucidação.

Indriyani et al. (2019) no estudo do efeito da técnica de polinização no desenvolvimento de frutos de pitaia (*S. polyrrizhus*) observaram que tanto a polinização natural (flores livres) quanto a polinização artificial cruzada tiveram maiores frutos. Isso foi devido a presença de muitos insetos nas flores durante o experimento, que possivelmente realizaram a polinização. No entanto, a maior porcentagem de frutos maiores que 400 g foi obtida realmente com a polinização artificial cruzada. Krause et al. (2012), citam em estudo que avaliou a produtividade e qualidade de frutos de maracujazeiro, que a polinização artificial proporciona frutos maiores

que a polinização natural devido a melhor técnica em distribuição dos grãos de pólen nos estigmas.

Sabe-se que a polinização e fecundação das flores favorece o crescimento dos frutos. Além disso, no presente estudo, em que o experimento foi conduzido em local onde ocorreram chuvas no período da antese das flores, possivelmente reduziu a frequência e a intensidade de visita de insetos polinizadores nas flores livres foram reduzidas, desfavorecendo a polinização livre diurna e livre noturna. No entanto, essa é a condição real, para inúmeros produtores de pitaia, visto que a época de floração, coincide, muitas vezes, com períodos chuvosos.

Nessa situação, infere-se também que a visita de insetos noturnos foi inferior aos insetos que polinizaram durante o dia, já observado por Aragão et al. (2019), pois ocorreram muitos abortos das flores da polinização livre noturna. Liang et al. (2011) observaram que a porcentagem média de queda de botões de flores foi de 61,9% na polinização livre.

No segundo ano do experimento, as polinizações foram realizadas nos dias 06/12/2019 e 04/03/2020. Os frutos foram colhidos 39 dias e 41 dias após a antese (mudança da cor da casca para vermelho), respectivamente.

Os resultados também foram semelhantes aos do primeiro ano com relação à massa, comprimento e diâmetro dos frutos, nos quais as polinizações manuais (cruzada e autopolinização) apresentaram os melhores resultados (Tabela 3). A maior porcentagem de acidez titulável foi encontrada em frutos oriundos de polinização cruzada. Maiores teores de sólidos solúveis foram encontrados em frutos com polinizações manuais (cruzada e autopolinização). No entanto, a maior relação SS/AT (ratio) foi encontrada na polinização livre noturna.

**Tabela 3:** Massa dos frutos (M.F), comprimento (C), diâmetro (D), pH, acidez titulável (A.T), sólidos solúveis (S.S) e ratio. Polinizações do dia 06/12/19.

<b>Tratamentos</b>	<b>MF</b> <b>(g)</b>	<b>C</b> <b>(mm)</b>	<b>D</b> <b>(mm)</b>	<b>pH</b>	<b>AT</b> <b>(%)</b>	<b>SS</b> <b>(°Brix)</b>	<b>Ratio</b>
PC	531,0 a	114,8 a	93,2 a	0,82 b	0,40 a	15,0 a	37,7 b
AP	473,0 a	112,8 a	91,5 a	1,92 a	0,37 b	15,0 a	40,4 b
LD	231,0 b	82,6 b	72,4 b	1,10 b	0,36 b	13,6 ab	37,8 b
LN	261,0 b	89,5 b	73,9 b	1,83 a	0,22 c	12,9 b	59,4 a
CV (%)	22,05	9,86	9,03	15,7	3,19	5,03	5,25

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Tratamentos: Polinização cruzada (PC), Autopolinização (AP), Polinização Livre Diurna (LD) e Polinização Livre Noturna (LN).

Ao estudar os efeitos de diferentes tratamentos de polinização no desenvolvimento de frutos e produção de pitaia, Liang et al. (2011) observaram que a porcentagem de frutificação a partir da polinização cruzada artificial e por autopolinização artificial foi significativamente maior do que tratamentos de polinização natural, assim como o peso médio de fruto.

Em maracujá, a polinização de apenas um estigma reduz o número de sementes e rendimento de suco devido a fertilização de menor número de óvulos (SILVEIRA et al., 2012).

Na última polinização, realizada em 04/03/2020, somente a polinização cruzada proporcionou melhor desempenho quanto à massa, comprimento, diâmetro dos frutos, sólidos solúveis e a relação SS/AT(ratio). O tipo de polinização não influenciou a acidez titulável.

**Tabela 4:** Massa dos frutos (MF), comprimento (C), diâmetro (D), pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e ratio. Polinizações do dia 04/03/2020.

Tratamentos	M. F. (g)	C. (mm)	D. (mm)	pH	A.T (%)	S.S (°Brix)	Ratio
PC	711,0 a	103,5 a	111,6 a	2,9 a	0,77 a	17,7 a	23,1 a
AP	280,0 b	85,52 b	74,9 b	2,8 a	0,77 a	13,8 b	18,0 b
LD	231,0 b	74,11 b	71,4 b	2,8 a	0,77 a	13,5 b	17,5 b
LN	237,0 b	79,11 b	75,3 b	2,5 b	0,77 a	11,5 c	15,0 c
CV (%)	22,32	10,11	10,58	2,21	3,89	8,54	5,32

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tratamentos: Polinização cruzada (PC), Autopolinização (AP), Polinização Livre Diurna (LD) e Polinização Livre Noturna (LN).

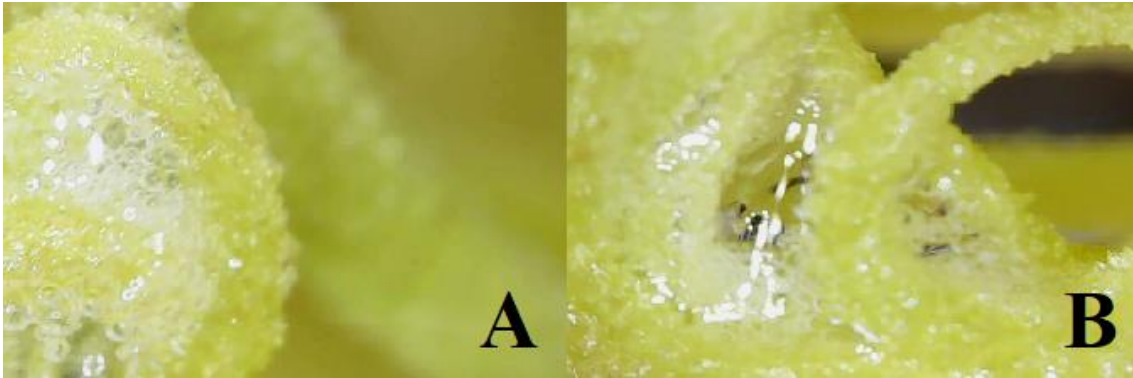
Segundo Siqueira et al. (2009) há correlação direta entre o número de sementes e o número de grãos de pólen depositados no estigma, independente do número de estigmas polinizados.

Embora a polinização manual tenha proporcionado maior número de frutos, não houve a necessidade de raleio, visto que, esses tratamentos apresentaram frutos de excelente qualidade e tamanho.

Os resultados aqui apresentados são bastante relevantes, visto que, mesmo havendo insetos polinizadores da pitáia, é necessário a polinização manual. Sobretudo, a polinização cruzada que não só aumenta a porcentagem de frutificação, mas também proporciona frutos de maior calibre, maior porcentagem de frutos comerciais e maior produção, bem como consequentemente, benefícios econômicos.

### 3.2 Receptividade do estigma

Todos os estigmas estavam receptivos durante a coleta do pólen, ou seja, às 19:00 e 7:00h, indicando que a flor de pitáia apresenta estigma receptivo e apto para receber o pólen durante todo o período de antese (Figura 5). Também foi observado por Muniz et al. (2019), que o estigma da pitáia (*Selenicereus* spp.) foi receptivo em todos os períodos testados, das 20:00 até às 07:00 da manhã seguinte, e até às 09:00 em dias nublados.



**Figura 5** – Aspecto viscoso e umectante do estigma após imersão no peróxido de hidrogênio. Estigmas com a formação de bolhas são considerados receptivos. Onde A: Estigma da flor da pitiaia de polpa branca receptivo; B: Estigma de flor de pitiaia de polpa vermelha receptivo. Fonte: Do autor.

### 3.3 Viabilidade do pólen

Na espécie *S. polyrhizus*, não houve diferença significativa para a porcentagem de germinação de grãos de pólen avaliados 30 minutos após sua inoculação no meio de cultura, coletados nos mesmos horários. Houve diferença significativa apenas entre os horários de coletas de material. Às 19:00 observou-se ser o horário que apresentou grãos de pólen com maior porcentagem de germinação. Já às 07:00 da manhã, momento em que as flores já estavam murchando, a germinação foi muito baixa mesmo ao utilizar ou não o copo descartável para proteger a flor (Tabela 5).

Quando a avaliação da germinação de pólen ocorreu 12 horas após a inoculação dos mesmos, pode-se observar que esses valores já foram bem mais expressivos, se comparados aos valores encontrados nas avaliações realizadas aos 30 minutos. Às 19:00, momento em que as flores estão se abrindo, a porcentagem de germinação não apresentou diferença significativa, enquanto nas coletas às 07:00 da manhã do dia seguinte, houve diferença significativa entre não usar e usar copo descartável para proteção, demonstrando que o objeto foi eficiente na proteção (Tabela 5).

**Tabela 5.** Germinação dos grãos de pólen da espécie *S. polyrhizus* (pitaia vermelha de polpa vermelha), avaliados 30 minutos e 12 horas após a inoculação em meio de cultura.

Tratamentos	% Germinação	% Germinação
	30 minutos	12 horas
19:00 sem copo	46,3 a	79,3 a
19:00 com copo	34,4 a	77,7 a
07:00 sem copo	7,5 b	21,2 c
07:00 com copo	4,2 b	55,2 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A germinação *in vitro* é uma técnica que simula condições do estigma, induzindo a germinação do tubo polínico e que apresenta alta correlação com a fertilização a campo (ALMEIDA; SEVERO, 2011).

Ressalta-se que esses fatos também foram observados na espécie *S. undatus* no horário de 30 minutos após inoculação, não havendo influência significativa quando comparados os tratamentos utilizando e não utilizando copo para proteção com os mesmos horários de coleta e observação. Somente houve diferença significativa entre os horários de coletas de grãos de pólen, sendo o horário de 19:00 aquele que se sobressaiu (Tabela 6).

Após 12 horas de inoculação observou-se diferenças quanto aos horários de coleta de material, pois o pólen coletado às 19:00 apresentou viabilidade muito superior ao coletado às 07:00 da manhã. O uso do copo plástico fez com que a porcentagem de germinação dos grãos de pólen fosse superior no período às 07:00 da manhã, em relação ao não uso do copo no mesmo horário (Tabela 6).

**Tabela 6.** Germinação dos grãos de pólen da espécie *S. undatus* (pitaia vermelha de polpa branca), avaliados 30 minutos e 12 horas após a inoculação em meio de cultura.

Tratamentos	% Germinação	% Germinação
	30 minutos	12 horas
19:00 sem copo	63,3 a	95,3 a
19:00 com copo	63,2 a	91,9 a
07:00 sem copo	7,0 b	14,1 c
07:00 com copo	1,8 b	35,8 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

É possível observar que houve aumento de cerca de 30% quando se espera 12 horas após a inoculação do grão de pólen no meio, e que o potencial de germinação de grão de pólen da espécie *S. undatus* é superior às 19:00.

O estudo da viabilidade de pólen é característica importante para análises de fluxo gênico em programas de melhoramento de plantas, além de ser usado para estudos ecológicos, taxonômicos e palinológicos (FRESCURA et al., 2012).

A viabilidade dos grãos de pólen está entre os fatores que afetam a produção de frutos e sementes, podendo comprometer programas bem-sucedidos de melhoramento de plantas que necessitam da formação de gametas viáveis e balanceados (JESUS et al., 2018).

A viabilidade do grão de pólen, assim como a receptividade do estigma, são fatores importantes para o sucesso reprodutivo de uma espécie (SANTOS et al., 2020).

#### 4 CONCLUSÕES

A polinização artificial (cruzada ou autopolinização) da pitáia de polpa branca é viável, resultando em frutos maiores comparados com a polinização natural.

Durante todo o período de abertura floral, a flor de pitáia permanece com o estigma receptivo apto para receber o pólen, porém, a maior porcentagem de germinação do pólen ocorre às 19:00.

#### REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Cícero et al. Conservação e germinação in vitro de pólen de milho (*Zea mays* subsp. *mays*). **Brazilian Journal of Botany**, v. 34, n. 4, p. 493-497, 2011.

ARAGÃO, Daniele; COSTA, Cristiana Barros Nascimento; DO NASCIMENTO, Viviany Teixeira. Biologia floral, fenologia reprodutiva e polinização de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart.(Annonaceae) em uma área de Cerrado no oeste da Bahia. **Paubrasilia**, v. 2, n. 1, p. 17-26, 2019.

BRITO, Edinara Maria de; SOUZA, Alex Sandro Barros de. Análise da percepção de estudantes do ensino médio sobre os insetos: um estudo de caso na cidade de Douradina, Paraná. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2082-2095, 2020.

DAFNI, Amots et al. **Pollination ecology: a practical approach**. Oxford University Press, 1992.

DAR, Showket A. et al. Pollination and evolution of plant and insect interaction. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 3, p. 304-311, 2017.

FACHI, Leandro Rafael et al. QUALIDADE E CORRELAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS FRUTOS DE CULTIVARES DE ACEROLA. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 13, n. 24, 2016.

FAGUNDES, Miriã Cristina Pereira et al. In Vitro Germination of Pollen Grains in Pitahaya Species. **International Journal of Fruit Science**, v. 21, n. 1, p. 556-564, 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system (UFLA). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, Madeleine Alves de et al. Características florais e carpométricas e germinação in vitro de grãos de pólen de cultivares de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 7, p. 731-740, 2013.

FRESCURA, Viviane Dal-Souto et al. Pollen viability of *Polygala paniculata* L.(Polygalaceae) using different methods of staining. **Biocell**, v. 36, n. 3, p. 143-145, 2012.

INDRIYANI, Ni Luh Putu et al. Pengaruh Teknik Penyerbukan Terhadap Pembentukan Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*) [The Effect of Pollination Technique to Fruit Development of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*)]. **Jurnal Hortikultura**, v. 28, n. 2, p. 183-190, 2019.

JESUS, Letícia da Guia Alves et al. Efficiency of colorimetric tests to determine pollen viability in peppers. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 8, n. 2, p. 77-82, 2018.

KRAUSE, Willian et al. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-amarelo com ou sem polinização artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 12, p. 1737-1742, 2012.

LI, J. et al. Pollen germination and hand pollination in pitaya (*Hylocereus undatus*). 2020.

LIANG, GuiDong et al. Effects of artificial pollination on fruit development of Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). **Guangxi Zhiwu/Guihaia**, v. 31, n. 6, p. 813-817, 2011.

MANDUJANO, Maria C. Reproductive ecology of *Opuntia macrocentra* (Cactaceae) in the northern Chihuahuan Desert. **The American Midland Naturalist**, v. 169, n. 2, p. 274-285, 2013.

MARTINS, Moisés Rodrigues et al. Tipos de polinização e pastejo da abelha *Xylocopa* spp. na frutificação e qualidade dos frutos de maracujazeiro. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 187-193, 2014.

MENEZES, Thatiane Padilha et al. Autopolinização e qualidade de fruto em pitaiá vermelha (*Hylocereus undatus*). **Magistra**, v. 27, n. 3/4, p. 376-383, 2017.

MOREIRA, Rodrigo Amato et al. Crescimento de pitaiá vermelha com adubação orgânica e granulada bioclástica. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 785-788, 2011.



MUNIZ, João Paulo de Oliveira et al. Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 4, p. 640-649, 2019.

MUNIZ, João Paulo de Oliveira et al. Complementary bee pollination maximizes yield and fruit quality in two species of self-pollinating pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 4, 2020.

NURUL, S. R.; ASMAH, R. Variability in nutritional composition and phytochemical properties of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) from Malaysia and Australia. **International Food Research Journal**, v. 21, n. 4, 2014.

PASTORIZA, R. J. G. 2016. **Biologia floral da palma forrageira: ocorrência de mecanismos reprodutivos e causa do abortamento de frutos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 70p.

RENFİYENİ, Renfiyeni. The Effect of Pollination Models on Yield of Red Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). **JERAMI Indonesian Journal of Crop Science**, v. 1, n. 1, p. 19-24, 2018.

SANTOS, Jonis Franklin Leite et al. Morfologia, viabilidade polínica e índice meiótico de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 37514-37536, 2020.

SILVA, A. de C. C. da et al. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, V. 33, n. 4, p. 1162-1168, dez. 2011.

SILVEIRA, Murilo V. et al. Is manual pollination of yellow passion fruit completely dispensable?. **Scientia horticultrae**, v. 146, p. 99-103, 2012.

SIQUEIRA, Kátia Maria Medeiros de et al. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na região do vale do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 1-12, 2009.

SOUZA, Filipe Bittencourt Machado de et al. Adaptability and stability of reproductive and vegetative phases of peach trees in subtropical climate. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 4, p. 427-435, 2017.

SHIVANNA, Kundaranahalli R. **Pollen biology and biotechnology**. CRC Press, 2019.

TRAN, H. D.; YEN, C. R.; CHEN, Y. K. H. Effect of pollination method and pollen source on fruit set and growth of red-peel pitaya (*Hylocereus* spp.) in Taiwan. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 90, n. 3, p. 254-258, 2015.

## CAPÍTULO 3 - INSETOS VISITANTES FLORAIS ASSOCIADOS À PITAIA

### RESUMO

A polinização cruzada efetuada por insetos apresenta como vantagens maior número de sementes, maior massa de frutos, maior vida de prateleira, maior valor nutritivo e incremento nas taxas de frutificação efetiva. Objetivou-se com este trabalho avaliar a comunidade de insetos visitantes florais na espécie de pitáia *Hylocereus undatus* fora de sua área geográfica de origem. Foram selecionadas ao acaso 15 plantas de pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*) com sete anos de idade. Em cada uma das plantas, foram selecionadas as flores que iriam abrir naquela noite, para a coleta dos visitantes florais. A coleta dos insetos foi realizada em dois períodos (diurno e noturno), que correspondem aos períodos de antese das flores de pitáia, por 2 anos de produção. Foram avaliadas as variáveis: número de visitas, contabilizado pelo número de vezes em que os insetos tocaram os estigmas das flores, e as espécies visitantes. A partir dos dados do número de visitas dos insetos e a identificação destes, foi realizadas as análises de abundância (quantidade de insetos visitantes), riqueza (número de espécies) e diversidade (relação da quantidade de insetos com o número de espécies). A abelha *Apis mellifera* pode ser considerada potencial polinizadora da pitáia de polpa branca nas regiões de clima subtropical. Durante a floração da pitáia, foi encontrada uma abundância de insetos bem maior no período diurno. A planta atrai uma diversidade de visitantes florais que coletam recursos alimentares das flores. As condições de alta temperatura e baixas precipitação e umidade relativa em 2020 permitiram maior visitação dos insetos nas flores.

**Palavras-chave:** *Apis mellifera*, *Selenicereus undatus*, polinização.

## ABSTRACT

The efficient production of dragon fruit requires flower pollination, which can be performed either artificially or by pollinators. The advantages of cross-pollination by insects are a greater number of seeds, higher fruit weight, longer shelf life, higher nutritional value, and increased effective fruit set rates. The objective of this study was to evaluate the community of flower-visiting insects in red dragon fruit (*Selenicereus undatus*) outside its geographic area of origin. Fifteen seven-year-old *H. undatus* plants were randomly selected. For each of the plants, the flowers that opened on a given night were surveyed for the collection of floral visitors. Insect collection was performed in two periods (daytime and nighttime), which correspond to the time of anthesis for dragon fruit flowers, over two years of production. The following variables were evaluated: number of visits (counted as the number of times an insects touched a flower stigma) and visiting species. From the data on the number of insect visits and their identification, analyzes of abundance (number of visiting insects), richness (number of species) and diversity (relation between the number of insects and the number of species) were performed. The bee *Apis mellifera* can be considered as a potential pollinator of white-fleshed pitaya in regions with a subtropical climate. During the flowering of the pitaya, a much greater abundance of insects was found during the daytime. The plant attracts a diversity of floral visitors who collect food resources from the flowers. The conditions of high temperature and low precipitation and relative humidity in 2020 allowed greater visitation of insects in flowers.

**Keywords:** *Apis mellifera*. *Selenicereus undatus*. Pollination

## 1 INTRODUÇÃO

A pitiaia é uma fruta produzida por diversas espécies de plantas pertencentes à família Cactaceae. Muito promissora, a pitiaia ganha destaque no mercado de frutas exóticas devido às suas características organolépticas. Apesar de ser originária das regiões tropicais e subtropicais da América, hoje estão distribuídas em todo o mundo (DIOS et al., 2014). Quatro espécies são predominantes mundialmente quanto ao seu cultivo e distribuição: *S. undatus*, *S. polyrhizus*, *S. costaricensis* e *S. megalanthus* (HERNÁNDEZ; SALAZAR, 2012).

A polinização é caracterizada pela transferência dos grãos de pólen das anteras de uma flor para o estigma da mesma (autopolinização) ou de outra flor da mesma espécie, ou mesmo de espécies diferentes (polinização cruzada) (DAR et al., 2017). A polinização efetuada por insetos é considerada de extrema importância, pois aproximadamente 300 mil espécies de plantas (quase 90% de todas as plantas com flores) requerem polinização animal para reproduzirem (OLLERTON et al., 2011), de modo que apenas 2% das espécies de polinizadoras são responsáveis por 80% dos serviços de polinização (KLEIJN et al., 2015).

Ao longo do processo evolutivo, as plantas adquiriram adaptações morfológicas e fisiológicas de modo a atrair insetos visitantes florais capazes de transportar o pólen e conceder-lhes a reprodução (BUCHMANN, 1987; FAEGRI; PIJL, 2013). Muitas dessas adaptações envolvem modificações nas estruturas florais, como tamanho e forma da corola, e arranjo das pétalas e botões florais (SAZAN et al., 2014).

Os visitantes florais coletam recursos alimentares das plantas, principalmente pólen e néctar, representando um custo direto em termos de metabólitos investidos pelas plantas. No entanto, são superados pelos benefícios que alcançam com a polinização (GIANNINI et al., 2015). Grande parte das relações de polinização são mutualísticas devido ao benefício mútuo das espécies envolvidas (DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2012).

As flores da espécie de pitiaia *S. undatus* são hermafroditas, com a corola de coloração externa branca e interna tendendo ao amarelo-claro. A cor branca das flores facilita sua visualização durante a noite, contribuindo para a polinização pelos agentes polinizadores, assim como o odor doce e agradável que elas emitem (MARQUES et al., 2011; UTAMININGSIH et al., 2019). A antese inicia-se ao anoitecer e a flor permanece aberta até a manhã seguinte, por aproximadamente 15h (MARQUES et al., 2012).

Vários trabalhos apontam os morcegos como polinizadores das flores de pitiaia (WEISS et al., 1994; LE BELLEC, 2004; VALIENTE- BANUET et al., 2007). No entanto, Marques et al. (2012) não observaram a presença de morcegos e pássaros em estudo realizado no município

de Lavras-MG, sendo a polinização cruzada em pitaia vermelha realizada apenas por abelhas *Apis mellifera*. Outros estudos também relataram as abelhas desempenhando importante papel na polinização diurna. Mesmo tendo um período de tempo muito mais curto para visitar as flores, aproximadamente cinco horas (LE BELLEC, 2004; MARQUES et al., 2011), apresentam bons resultados no desenvolvimento de frutos de pitaia.

A polinização cruzada efetuada por insetos é vantajosa para as plantas por aumentar o número de sementes formadas, massa dos frutos, vida de prateleira, valor nutritivo e por aumentar as taxas de frutificação efetiva (GARRATT et al., 2014; JUNQUEIRA; AUGUSTO, 2017; RICKLEFS, 2013). Muniz et al. (2019) observaram que assim como a polinização manual, a polinização aberta (flores livres ao acesso de polinizadores) garantiu 100% de fixação de frutos bem formados e uniformes, para a espécie de pitaia *S. undatus*, demonstrando a importância dos polinizadores para a cultura.

Os insetos que visitam as flores de pitaia procuram por pólen, já que estudos comprovaram que as flores de pitaia não possuem néctar (WEISS et al., 1994; VALIENTE-BANUET et al., 2007; MARQUES et al., 2011). Assim, ao coletarem o pólen realizam a polinização das flores. Indriyani e Hardiyanto (2019) avaliando o efeito da polinização no desenvolvimento de frutos de pitaia observaram muitas espécies de insetos polinizadores ao redor das flores, promovendo polinização, e conseqüentemente maior porcentagem de frutos de maior calibre.

Por se tratar de um cultivo recente no Brasil e vários países do mundo, existem poucos trabalhos sobre os insetos visitantes florais e polinizadores da pitaia, limitando a produtividade da cultura. A falta de informações consistentes sobre os polinizadores das pitaias, especialmente longe de sua área geográfica nativa, limitou a exploração dessa cultura em várias regiões. Assim, o presente trabalho buscou gerar conhecimento sobre a ocorrência e identificação das espécies de insetos visitantes florais associados à espécie de pitaia *S. undatus*.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local da experimentação e material vegetal**

O experimento foi conduzido no Setor de Fruticultura da UFLA (21°14'S, 45°00'W e 841 m de altitude) nos anos 2019 e 2020. O clima da região é classificado como Cwa (subtropical, com inverno frio e seco, e verão quente e úmido (SOUZA et al., 2017).

Foram selecionadas ao acaso 15 plantas de pitaia vermelha (*Selenicereus* spp.) com 7 anos de idade, espaçadas 2,5 m. As plantas já eram tutoradas perpendicularmente ao solo, em mourões de eucalipto de 1,80 m de altura. Em cada uma das plantas foram selecionadas as flores que iriam abrir durante a avaliação para o acompanhamento do número de visitas e coleta dos insetos visitantes florais.

## **2.2 Análise da comunidade de insetos visitantes florais**

Para a avaliação da comunidade de insetos visitantes florais, foram avaliados o número de visitas e espécies visitantes. O número de visitas foi contabilizado pela observação do número de vezes que os insetos tocaram os estigmas das flores. A coleta dos insetos foi realizada em dois períodos (diurno e noturno), que correspondem ao período da antese da pitaia. A temperatura média, umidade relativa (U.R) e precipitação foram aferidas durante o período de coleta, para os dois anos.

Para a avaliação, foram previamente marcadas as 15 flores que iriam se abrir naquela noite. Foram observadas no período noturno e diurno, uma vez que permanecem abertas até a manhã seguinte à sua abertura, com a permanência do observador por 30 minutos em cada flor, a partir do início de sua abertura. As flores foram avaliadas simultaneamente.

Durante todo o período de observação foram coletados todos os insetos que pousavam nas estruturas reprodutivas da flor, no mês de fevereiro de 2019 e 2020, uma florada em cada ano. Para isso, fez-se uso de um frasco de PVC de 15 cm de diâmetro x 20 cm de altura. Os espécimes coletados foram acondicionados em frascos de vidro contendo álcool 70% e encaminhados ao laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para identificação.

A partir dos dados do número de visitas dos insetos e a identificação destes, foi realizadas as análises de abundância (quantidade de insetos visitantes), riqueza (número de espécies) e diversidade (relação da quantidade de insetos com o número de espécies).

## **2.3 Análises estatísticas**

Os dados da comunidade de insetos visitantes florais foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade usando os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. O teste de Shapiro-Wilk indicou a não normalidade dos dados, razão pela qual foi utilizado o

modelo linear generalizado (GLM) com *overdispersion* (*Quasi-Poisson*) para comparação das médias de abundância (número de insetos) e riqueza (número de espécies) de insetos. A diversidade foi estimada utilizando o índice Shannon-Wiener no software PAST e as médias comparadas com GLM. As análises de abundância e riqueza foram realizadas no software R (versão 3.4.0, R CORE TEAM 2017).

### 3 RESULTADOS

Foram encontrados mais visitantes florais nas flores de pitaias no período diurno do que noturno na florada de 2019 (Figura 1A) e 2020 (Figura 1B). Para 2019, a abundância média foi de 36 insetos/flor no período diurno, enquanto no período noturno a média foi de 6 insetos/flor (GLM,  $P < 0,001$ ). Em 2020, a média foi de 48 insetos/flor no período diurno e de três insetos por flor (GLM,  $P < 0,001$ ) no período noturno.

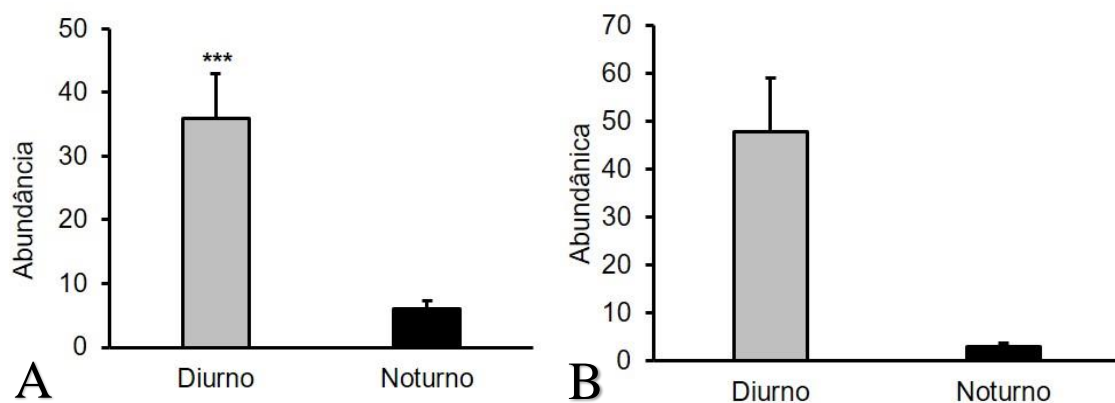


Figura 1: Abundância de insetos visitantes florais em pitaias no período diurno e noturno de 2019 (A) e 2020 (B).

As médias de temperatura, umidade relativa e precipitação durante o período de coleta dos visitantes florais para o ano de 2019 foram 22,48°C, 80,8% e 32,1 mm, respectivamente. O período de avaliação do ano de 2020 apresentou 24,2°C de temperatura média, 73,5% U.R e precipitação zero.

As condições de alta temperatura e baixas precipitação e umidade relativa em 2020 permitiram maior visitação dos insetos nas flores comparado a 2019, que apresentou maior regime de chuvas nos períodos de observação e coleta dos insetos.

Apesar da grande abundância de insetos no período diurno, não houve diferença significativa em relação ao número de espécies (riqueza) entre os dois períodos para a florada de 2019 ( $P=0,4947$ ) (Figura 2A) e 2020 ( $P=0,173$ ) (Figura 2B).

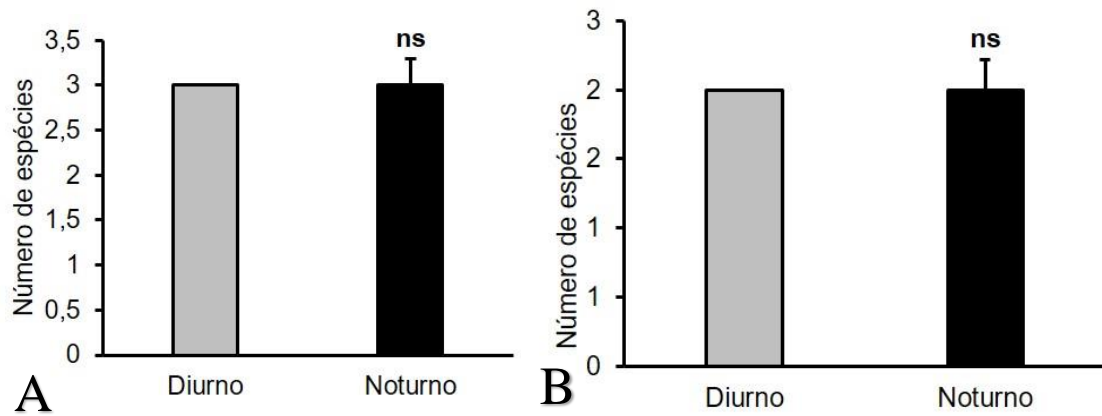


Figura 2: Riqueza de espécies visitantes florais em pitaya no período diurno e noturno de 2019 (A) e 2020 (B).

Também não houve diferença significativa entre o período diurno e noturno em relação à diversidade de espécies para a florada de 2019 ( $P=0,9382$ ) (Figura 3A) e 2020 ( $P=0,825$ ) (Figura 3B).

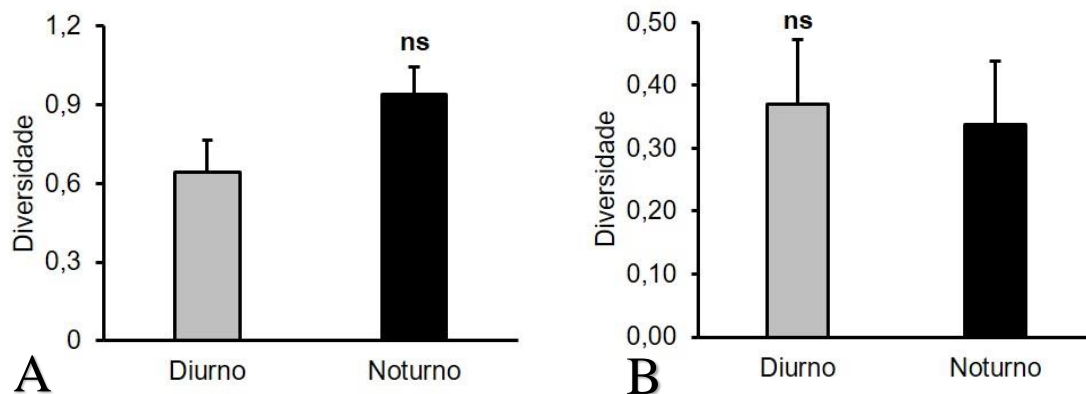


Figura 3: Diversidade de insetos visitantes florais no período diurno e noturno de 2019 (A) e 2020 (B).

Foram identificadas em 2019 sete famílias de insetos distribuídas nos seguintes gêneros: *Apis*, *Trigona*, *Partamona*, *Bombus*, *Diabrotica*, *Camponotus*, *Largus*, *Doru*, *Pentatomidae*, *Crematogaster*, *Solenopsis*. Indivíduos encontrados na ordem Diptera e família Cicadellidae



não foram identificados quanto a espécie. A espécie *Apis mellifera*, foi a mais abundante (n=449), seguida de *Diptera* sp. (n=68), *Diabrotica speciosa* (n=32), *Trigona spinipes* (n=24), *Camponotus* sp. (n=20), *Crematogaster* sp. e *Doru luteipes* com 11 indivíduos cada, *Solenopsis* sp (n=9), *Cicadellidae* (n=2), *Bombus pauloensis*, Pentatomidae sp., *Largus* sp. e *Partamona* sp. com 1 indivíduo cada, durante o período diurno e noturno (Tabela 1).

**Tabela 1** Abundância de insetos visitantes florais associados às plantas de pitaia (*S. undatus*) no período diurno e noturno de 2019.

\*Não identificado

Composição			Diurno	Noturno
Ordem	Família	Espécies	Abundância	
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Diabrotica speciosa</i>	8	24
Dermaptera	Forficulidae	<i>Doru luteipes</i>	2	9
Diptera	NI*	NI*	49	19
Hemiptera	Cicadellidae	NI*	0	2
	Largidae	<i>Largus</i> sp.	0	1
	Pentatomidae	NI*	0	1
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	449	0
		<i>Bombus pauloensis</i>	1	0
		<i>Partamona</i> sp.	1	0
		<i>Trigona spinipes</i>	24	0

Formicidae	<i>Camponotus</i> sp.	3	17
	<i>Crematogaster</i> sp.	0	11
	<i>Solenopsis</i> sp.	0	9
<b>Total</b>		<b>537</b>	<b>93</b>

Foram identificadas em 2020 cinco famílias de insetos distribuídas nos seguintes gêneros: *Apis*, *Trigona*, *Camponotus* e *Doru*. Indivíduos encontrados nas ordens Diptera e Hymenoptera; e na família Pentatomidae não foram identificados quanto a espécie. A espécie *A. mellifera* continuou sendo a mais abundante (n=669), seguida de Diptera sp. (n=26), *Trigona spinipes* (n=39), *Camponotus* sp. (n=17), Pentatomidae sp. (n=12) e *Doru luteipes* e Hymenoptera com 1 indivíduo cada (Tabela 2).

**Tabela 2** Abundância de insetos visitantes florais associados a plantas de pitaia (*S. undatus*) no período diurno e noturno de 2020.

\*Não identificado

Composição			Diurno	Noturno
Ordem	Família	Espécie	Abundância	
Dermaptera	Forficulidae	<i>Doru luteipes</i>	0	1
Diptera	NI*	NI*	9	17
Hemiptera	Pentatomidae	NI*	0	12
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	669	0
		<i>Trigona spinipes</i>	39	0

Formicidae	<i>Camponotus</i> sp.	1	16
Chalcididae	NI*	0	1
<b>Total</b>		<b>718</b>	<b>47</b>

#### 4 DISCUSSÃO

As flores de pitaiá podem ser polinizadas por *Apis mellifera*, uma vez que indivíduos dessa espécie foram observados coletando pólen durante o dia, e tocando os estigmas das flores posteriormente (observação pessoal), assim como encontrado por Valiente-Banuet et al. (2007) e Marques et al. (2012). A atividade de *A. mellifera* é eficiente, uma vez que coletam o pólen em apenas algumas horas (LE BELLEC et al., 2006).

Também foram encontrados adultos da espécie *Diabrotica speciosa*, pertencentes à família Chrysomelidae, nas flores no período noturno e diurno, se alimentando do pólen das flores de pitaiá (Figura 4A). Stüpp et al. (2006) define esta espécie como uma praga polífaga de grande importância na América Latina e uma das pragas fitófagas mais frequentes em diversos cultivos. Essa praga é capaz de causar grandes danos em várias espécies vegetais, incluindo estruturas florais (WALSH, 2003).

Os insetos da espécie *Doru luteipes*, conhecidos popularmente como “tesourinhas”, também foram encontrados se alimentando do pólen das flores (Figura 4B). Essa praga apresenta grande potencial predatório, por manifestar hábito alimentar generalista (PASINI et al., 2010).

As formigas do gênero *Camponotus*, *Crematogaster* e *Solenopsis*, podem causar grandes danos aos cladódios das plantas, bem como nas flores e frutas (LE BELLEC et al., 2006). No entanto, indivíduos dessas espécies no presente trabalho foram encontrados visitando as flores, sem danos aparentes.

A abelha irapuá (*Trigona spinipes*) foi encontrada somente no período diurno, mas em baixo número se comparadas às abelhas *A. mellifera*. As irapuás apesar de terem sido observadas em menor número junto às flores, foram encontradas em grande número próximas aos frutos, pois se alimentam da casca e brácteas dos mesmos, danificando-os. Comprometem o desenvolvimento dos frutos, assim estes se tornam inviáveis à comercialização (MARQUES

et al., 2012). As abelhas irapuá também se alimentam de flores, no entanto, neste trabalho isso não foi observado. É provável que as abelhas *A. mellifera*, sempre em maior número e maior tamanho, afugentem as abelhas irapuá, e por esse motivo estavam pouco presentes nas flores e muito presentes nos frutos, já que não houve presença de *A. mellifera* nos frutos.

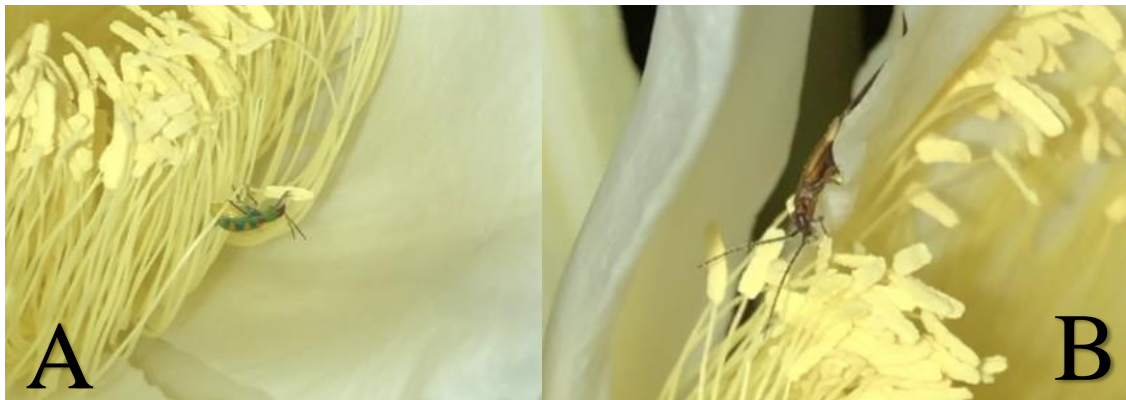


Figura 4: (A) *Diabrotica speciosa* e (B) *Doru luteipes* se alimentando do pólen das flores de pitaiá. Lavras – MG, 2019. Fonte: Do autor.

As abelhas *A. mellifera* foram os visitantes florais mais abundantes nos dois anos, corroborando Muniz et al. (2019). As visitas perduraram durante todo o período diurno de avaliação, desde as primeiras horas do dia até o fechamento das flores. O recurso coletado era apenas pólen, já que as pitaias não produzem néctar (WEISS et al. 1994; VALIENTE-BANUET et al., 2007; MARQUES et al., 2011). As abelhas *A. mellifera* coletavam o pólen por meio de movimentos frenéticos, movendo-se rapidamente entre os estames e transferindo o pólen para as corbículas, parte da tíbia das pernas posteriores das abelhas que é usada pelas operárias para o transporte de pólen, resina e barro. Posteriormente, as abelhas voavam para outras flores, tocando o estigma das mesmas neste processo (Figura 5).



Figura 5. (A) *Apis mellifera* sobrevoando o estigma túrgido e (B) Corbicúla transportando pólen, Lavras – MG, 2020. Fonte: Do autor.

Embora Le Bellec (2004) tenha sugerido que a polinização por abelhas *A. mellifera* é ineficiente na pitáia devido ao tamanho da abelha em relação à flor, no experimento observou-se que quanto maior o número de indivíduos de *A. mellifera* visitando uma flor, maior a deposição de pólen no estigma. Apesar do seu pequeno tamanho, o comportamento de *A. mellifera* favorece a polinização e, devido à sua abundância na área, provavelmente constitui-se uma importante espécie polinizadora da cultura.

Em pomares de macieira em estudo conduzido por Viana et al. (2014), foi demonstrado que a introdução de colônias da abelha sem ferrão conhecida popularmente como mandaçaia (*Melipona quadrifasciata anthidioides*), somada ao uso de colônias de abelhas melíferas, proporcionou maior produção de sementes e frutos.

Os insetos da ordem Diptera apesar de terem sido o segundo grupo de visitantes mais abundantes nos anos 2019 e 2020, não devem ser considerados polinizadores da pitáia, uma vez que a maioria já se encontrava dentro das flores e apresentava comportamento apenas de uso das flores como abrigo. Além disso, o tamanho reduzido e baixa mobilidade dessas moscas não favorecem a transferência de pólen entre flores, pois o pólen da pitáia é caracterizado como grande e pesado para os insetos dessa ordem (RAVI et al., 2016).

Embora descritas como polinizadores eficientes de outras culturas agrícolas (JAFFÉ et al., 2016), as abelhas irapuá *T. spinipes* não foram consideradas importantes para a cultura da pitáia devido ao pequeno número de visitas às flores. A frequência de visitação das mesmas foi maior nas horas iniciais da manhã e, conforme as abelhas *A. mellifera* aumentavam, as *T. spinipes* eram afugentadas. Foi observada maior visitação dessas abelhas sem ferrão ao redor

de frutos verdes e botões florais, se alimentando destes. As abelhas irapuá são conhecidas por destruírem as flores das culturas (GUTIÉRREZ-CHACÓN et al., 2018).

As flores da pitaia só abrem uma vez, porém mantêm-se abertas durante toda a noite até a manhã seguinte. Esta expansão do período da antese favorece um maior grupo de visitantes florais, o que representa uma estratégia de polinização desenvolvida pela pitaia, que reforça a produção de frutos, favorecendo o aumento do ganho de massa dos frutos. Apesar de iniciarem a abertura das flores no período noturno, a maior abundância de espécimes de insetos foi no período diurno, consoante ao observado por Muniz et al. (2019) estudando a biologia floral, os requisitos de polinização e o comportamento dos visitantes florais na cultura da pitaia.

Além da abertura da flor nos períodos diurno e noturno, outro motivo que favorece o aumento de visitantes florais é a fenologia da pitaia, que apresenta sobreposição das fases reprodutivas, incluindo a presença de botões florais em estágio inicial, botões em desenvolvimento, flores, frutos verdes e frutos maduros (MARQUES et al., 2011). Assim, os visitantes não vão só à procura de pólen das flores, mas também dos cladódios, botões florais e frutos.

A polinização por insetos depende da transferência bem-sucedida de grãos pólen de uma flor para outra, permitindo a reprodução sexual das plantas. A chuva é um dos efeitos ambientais que tem grande potencial para afetar as interações planta-polinizador, interrompendo a transferência de pólen. Além de causarem efeitos físicos diretos nas flores e em seus polinizadores, interfere na visita dos mesmos (LAWSON; RANDS, 2019), podendo provocar degradação do pólen, diluição do néctar, mudanças na arquitetura floral como fechamento da corola, bem como mudanças na mecânica de voo dos insetos (CNAANI et al., 2006; DICKERSON et al., 2014; RAVI et al., 2016; RANDS et al., 2011).

Os visitantes florais promovem maior qualidade da fruta, que é um benefício extremamente importante para o mercado. Notavelmente, a polinização de safras de colza, soja, girassol e óleo de mamona aumentaram a qualidade da semente ou do óleo produzido (GIANNINI et al., 2015). Algumas culturas, apesar de pouca dependência dos visitantes florais, apresentam valores de produção anual muito elevados e, portanto, mesmo nesses casos, a contribuição dos polinizadores é significativa (GIANNINI et al., 2015).

Devido à grande ocorrência de visita de potenciais polinizadores da pitaia, é necessário que os produtores tenham cautela no manejo da lavoura, escolhendo métodos de controle das espécies de insetos fitófagos que podem ser pragas para que causem menos danos aos insetos benéficos presentes na área.

A proteção da diversidade biológica dos ecossistemas na agricultura é crucial para manter as safras das culturas que dependem de polinizadores. A intensificação de um manejo mais sustentável na agricultura pode ser usada como uma forma de produzir alimentos, minimizando ainda mais o impacto ambiental (BEDDINGTON 2011, MILFONT et al., 2013, MOTZKE et al., 2015). O aumento da quantidade e da diversidade de insetos polinizadores, como as abelhas, em áreas de plantio é uma estratégia barata e sustentável para melhorar o rendimento de diversas culturas agrícolas em pequenas e grandes propriedades (GARIBALDI et al., 2016).

Observou-se então que a polinização de pitaia pode ser realizada por abelhas (*A. mellifera*) durante o período diurno em regiões de clima subtropical, evidenciada pela abundância de visitação dessa espécie nas flores (Figura 6), tornando-as potenciais polinizadores da pitaia na área de estudo.



**Figura 6:** Detalhe da polinização de pitaia (*Hylocereus undatus*) por representantes da família Apidae. Lavras – MG, 2020. Fonte: Do autor.

Pouco se sabe ainda da estrutura da comunidade de visitantes florais associados a essa espécie, e futuros estudos são necessários e relevantes para se conhecer melhor a interação desses organismos com essa planta, principalmente compreender o papel das abelhas porque este grupo de polinizadores foram os mais abundantes no presente trabalho, além de contribuírem para a polinização de muitas espécies de cultivo, não somente a pitaia.

## 5 CONCLUSÃO

A abelha *Apis mellifera* pode ser considerada potencial polinizadora da pitaita de polpa branca nas regiões de clima subtropical.

Durante a floração da pitaita, foi encontrada uma abundância de insetos bem maior no período diurno.

A planta atrai uma diversidade de visitantes florais que coletam recursos alimentares das flores.

As condições de alta temperatura e baixas precipitação e umidade relativa em 2020 permitiram maior visitação dos insetos nas flores.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro para a realização deste estudo. Agradecemos também a professora Dra. Rosângela Cristina Marucci e Dra. Marise Silva pela identificação dos insetos.

## REFERÊNCIAS

BEDDINGTON, Sir John. The future of food and farming. **International Journal of Agricultural Management**, v. 1, n. 2, p. 2-6, 2011.

BUCHMANN, Stephen L. The ecology of oil flowers and their bees. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 18, n. 1, p. 343-369, 1987.

CNAANI, Jonathan; THOMSON, James D.; PAPA, Daniel R. Flower choice and learning in foraging bumblebees: effects of variation in nectar volume and concentration. **Ethology**, v. 112, n. 3, p. 278-285, 2006.

DAR, Showket A. et al. Pollination and evolution of plant and insect interaction. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 3, p. 304-311, 2017.

DEL-CLARO, Kleber; TOREZAN-SILINGARDI, Helena Maura. **Ecologia das interações plantas-animais: Uma abordagem ecológico-evolutiva**. Technical Books Editora, 2012.

DICKERSON, Andrew K.; SHANKLES, Peter G.; HU, David L. Raindrops push and splash flying insects. **Physics of Fluids**, v. 26, n. 2, p. 027104, 2014.



DIOS, Héctor Cálix; MARTÍNEZ, Roberta Castillo; CANCHÉ, Hilario J. Caamal. Caracterización de la producción de Pitahaya (*Hylocereus* spp.) en la Zona Maya de Quintana Roo, México. **Agroecología**, v. 9, p. 123-132, 2014.

FAEGRI, Knut; VAN DER PIJL, Leendert. Principles of pollination ecology. 2013.

GARIBALDI, Lucas A. et al. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v. 351, n. 6271, p. 388-391, 2016.

GARRATT, Michael PD et al. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 184, p. 34-40, 2014.

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

GUTIÉRREZ-CHACÓN, Catalina; PANTOJA-SANTACRUZ, Johanna; KLEIN, Alexandra-Maria. Floral larceny by the stingless bee *Trigona amalthea* on granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). **Journal of Pollination Ecology**, v. 22, 2018.

HERNÁNDEZ, Yolanda Donají Ortiz; SALAZAR, José Alfredo Carrillo. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 4, p. 220-237, 2012.

INDRIYANI, Ni Luh Putu et al. Pengaruh Teknik Penyerbukan Terhadap Pembentukan Buah Naga (*Hylocereus polyrizhus*) [The Effect of Pollination Technique to Fruit Development of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrizhus*)]. **Jurnal Hortikultura**, v. 28, n. 2, p. 183-190, 2019.

JAFFÉ, Rodolfo et al. Landscape genetics of a tropical rescue pollinator. **Conservation genetics**, v. 17, n. 2, p. 267-278, 2016.

JUNQUEIRA, Camila N.; AUGUSTO, Solange C. Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. **Apidologie**, v. 48, n. 2, p. 131-140, 2017.

KLEIJN, David et al. Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. **Nature communications**, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2015.

LAWSON, David A.; RANDS, Sean A. The effects of rainfall on plant–pollinator interactions. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 13, n. 4, p. 561-569, 2019.

LE BELLEC, Fabrice. Pollinisation et fécondation de *Hylocereus undatus* et de *H. costaricensis* à l'île de la Réunion. **Fruits**, v. 59, n. 6, p. 411-422, 2004.

LE BELLEC, Fabrice; VAILLANT, Fabrice; IMBERT, Eric. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006.

MARQUES, Virna Braga et al. Ocorrência de insetos na pitaia no município de Lavras-MG. **Agrarian**, v. 5, n. 15, p. 88-92, 2012.

MARQUES, Virna Braga et al. Fenologia reprodutiva de pitaia vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, p. 984-987, 2011.

- MILFONT, Marcelo de O. et al. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. **Environmental chemistry letters**, v. 11, n. 4, p. 335-341, 2013.
- MOTZKE, Iris et al. Pollination mitigates cucumber yield gaps more than pesticide and fertilizer use in tropical smallholder gardens. **Journal of applied ecology**, v. 52, n. 1, p. 261-269, 2015.
- MUNIZ, João Paulo de Oliveira et al. Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 4, p. 640-649, 2019.
- OLLERTON, Jeff; WINFREE, Rachael; TARRANT, Sam. How many flowering plants are pollinated by animals?. **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.
- PASINI, Amarildo et al. Exigências térmicas de *Doru lineare* Eschs. e *Doru luteipes* Scudder em laboratório. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1562-1568, 2010.
- RANDS, Sean A.; GLOVER, Beverley J.; WHITNEY, Heather M. Floral epidermal structure and flower orientation: getting to grips with awkward flowers. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 5, n. 4, p. 279-285, 2011.
- RAVI, Sridhar et al. Bumblebees minimize control challenges by combining active and passive modes in unsteady winds. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2016.
- R Core Team. 2017. R: a language and environment for statistical computing. Vienna (Austria): R Foundation for Statistical Computing.
- RICKLEFS, Robert E. A economia da natureza. 6 ed In: **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2013 p. 470-470.
- SAZAN, Morgana S.; BEZERRA, Antonio Diego M.; FREITAS, Breno M. Oil collecting bees and *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. (Malpighiaceae) interactions: the prevalence of long-distance cross pollination driving reproductive success. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 1, p. 347-358, 2014.
- SOUZA, Filipe Bittencourt Machado de et al. Adaptability and stability of reproductive and vegetative phases of peach trees in subtropical climate. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 4, p. 427-435, 2017.
- STÜPP, João José; BOFF, Mari Inês C.; GONÇALVES, Paulo Antonio de S. Manejo de *Diabrotica speciosa* com atrativos naturais em horta orgânica. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 442-445, 2006.
- UTAMININGSIH, Utaminingsih et al. Anatomical Structure of Sepal and Petal of Red Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus* Britton & Rose) During Flower Development. **Jurnal Biodjati**, v. 4, n. 2, p. 163-174, 2019.

VALIENTE-BANUET, A. et al. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of Arid Environments**, v. 68, n. 1, p. 1-8, 2007.

VIANA, Blandina Felipe et al. Stingless bees further improve apple pollination and production. **Journal of Pollination Ecology**, v. 14, 2014.

WALSH, G. Cabrera. Host range and reproductive traits of *Diabrotica speciosa* (Germar) and *Diabrotica viridula* (F.)(Coleoptera: Chrysomelidae), two species of South American pest rootworms, with notes on other species of Diabroticina. **Environmental entomology**, v. 32, n. 2, p. 276-285, 2003.

WEISS, Julia; NERD, Avinoam; MIZRAHI, Yosef. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, v. 29, n. 12, p. 1487-1492, 1994.