

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E TECNOLOGIAS
SUSTENTÁVEIS

ANDERSON MACHADO PAVANELO

BIOLOGIA REPRODUTIVA E DA POLINIZAÇÃO DE *Physalis peruviana* L.

CERRO LARGO

2019

ANDERSON MACHADO PAVANELO

BIOLOGIA REPRODUTIVA E DA POLINIZAÇÃO DE *Physalis peruviana* L.

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental

Orientador: Prof^a. Dr^a. Mardiore Tanara Pinheiro dos Santos.

Co-orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons.

CERRO LARGO

2019

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Pavanelo, Anderson Machado

Biologia Reprodutiva e da Polinização de *Physalis peruviana* L. / Anderson Machado Pavanelo. -- 2019.
80 f.:il.

Orientadora: Doutora Mardiore Pinheiro.

Co-orientador: Doutor Sidinei Zwick Radons.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis-PPGATS, Cerro Largo, RS , 2019.

1. Abelhas. 2. Dicogamia. 3. Biologia Floral. 4. Produtividade. 5. Polinizadores. I. Pinheiro, Mardiore, orient. II. Radons, Sidinei Zwick, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

ANDERSON MACHADO PAVANELO

BIOLOGIA REPRODUTIVA E DA POLINIZAÇÃO DE *Physalis peruviana* L.

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Área de Concentração: Monitoramento, Controle e Gestão Ambiental

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Mardione Tanara Pinheiro dos Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons

Esta Dissertação foi defendida e aprovada pela banca em: 02/08/2019

BANCA EXAMINADORA



Prof^ª. Dr^ª. Mardione Tanara Pinheiro dos Santos - UFFS



Prof. Dr. Rubem Samuel Ávila Junior - UNIPAMPA



Prof. Dr. Rafael Narciso Meirelles - UERGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal da Fronteira Sul, pela oportunidade que tive de realizar minha graduação e pós-graduação em uma universidade pública e de qualidade. A todo o excelente corpo docente da graduação e do programa de pós-graduação, que mesmo diante das adversidades, luta para levar o conhecimento técnico e científico para seus alunos.

À professora Dr^a Mardiore, a qual não mediu esforços para me nortear na construção desse trabalho, que mesmo nos momentos de maiores dificuldades conseguiu mostrar o melhor caminho a seguir, não existe maneira de mensurar o tamanho da minha gratidão por tudo que fez por mim durante esses dois anos. Agradeço em especial também meu co-orientador professor Sidinei, pela ajuda nas horas mais oportunas.

Muito obrigado a equipe do laboratório de Botânica da UFFS, Adriel, Neli, Nestor, Patrícia, Rodrigo e Suzana que me auxiliaram nas atividades de campo e foram de extrema importância para a elaboração desse trabalho. Agradeço não só pela ajuda no trabalho, mas também pela relação de amizade e apoio que todos tiveram comigo, pelas conversas e conselhos sempre que eu precisei.

A minha família que esteve todo esse tempo ao meu lado, perdendo minhas ausências e minha falta de tempo, vocês são meu bem mais precioso.

Aos meus amigos, que assim como minha família, mesmo na minha ausência nunca deixaram de estar comigo, de me mandar uma mensagem de apoio, de demonstrar que estavam lá e que eu poderia sempre contar. E a todos aqueles de uma forma ou outra estiveram comigo na construção deste trabalho, muito obrigado por tudo.

De antemão agradeço a banca examinadora pela disponibilidade de acompanhar a apresentação deste trabalho, sei que as observações serão de extrema importância para a finalização do mesmo.

E ao universo, por me colocar sempre no lugar certo e na hora certa, sou um homem de muita sorte, Muito Obrigado!

RESUMO

Neste estudo foi descrita a biologia floral de *Physalis peruviana* L., uma espécie andina com grande potencial econômico, e investigado o incremento no número de frutos formados e na qualidade destes frutos através de interações com insetos e com diferentes modos de polinização manual, identificados os visitantes florais e os polinizadores. A descrição da antese foi feita através de medidas das estruturas florais e observação das mudanças nos verticilos, receptividade do estigma e deiscência das anteras ao longo da duração da flor. O incremento na qualidade e no número de frutos formados foi comparado entre os diferentes modos de polinização manual e polinização controle. A frequência dos visitantes florais (N = 48h), análise do comportamento e definição dos polinizadores foram feitas através de observações focais. A antese de *P. peruviana* dura três dias, com a flor abrindo e fechando a cada dia. Ao longo da antese foi registrado aumento no tamanho dos estames (comprimento) e da corola (diâmetro). A receptividade do estigma se dá antes da deiscência das anteras e continua durante todos os dias da antese. A deiscência das anteras é sequencial, com número médio de três anteras abertas no primeiro, estando todas abertas no segundo dia. Néctar foi produzido ao longo de toda antese, com volume disponível entre 0,1 a 0,2 microlitros, e volume acumulado entre 1,8 no primeiro dia e 0,9 microlitros no terceiro dia. O sucesso reprodutivo na formação de frutos em *P. peruviana* foi superior na polinização aberta (88,46%), quando comparado a polinização cruzada (72,92%) e autopolinização espontânea (66,67%). As variáveis massa, diâmetro, altura e número médio de sementes foram significativamente maiores na polinização aberta e na polinização cruzada quando comparada aos demais testes. *Apis mellifera* foi a abelha mais frequente nas flores com 98,46% (n= 2302) das visitas. Não foi registrado deficit de polinização em *P. peruviana*, e embora a planta produza frutos por autopolinização, o incremento nas variáveis que medem a qualidade dos frutos e o número de frutos formados foi maior no teste de polinização aberta e na polinização cruzada. Assim *P. peruviana*, considerada uma planta autocompatível, teve sua produção e qualidade dos frutos melhorada em virtude da visitação de abelhas, sugerindo que a adequada polinização por esses insetos deve ser considerada nas estratégias de manejo para esta cultura.

Palavras-chave: Abelhas. Dicogamia. Biologia Floral. Produtividade. Polinizadores.

ABSTRACT

In this study we described the floral biology of *Physalis peruviana* L. and investigated the increase in the number of fruits formed and the quality of these fruits through interactions with insects and different modes of manual pollination and also the floral visitors and pollinators. The anthesis was described by measuring floral structures and observing changes in floral whorls, stigma receptivity and anther dehiscence over the duration of the flower. The increase in quality and number of fruits formed was compared between the different modes of manual pollination and control. The frequency of floral visitors (N = 48h), behavior analysis and pollinator definition were made through focal observations. The *P. peruviana* anthesis lasts three days, with the flower opening and closing each day. During the anthesis, an increase in the size of the stamens (length) and corolla (diameter) was observed. The receptivity of stigma occurs before anthers dehiscence and continues throughout the days of anthesis. The anthers dehiscence is sequential, with an average of three anthers open on the first, all open on the second day. Nectar was produced throughout the anthesis, with available volume between 0,1 and 0,2 microliter, and accumulated volume between 1,8 on the first day and 0,9 microliter on the third day. The reproductive success in fruit formation in *P. peruviana* was superior in open pollination (88,46%) when compared to cross-pollination (72,2%) and self-pollination (66,67%). The variables mass, diameter, height and average number of seeds were significantly higher in open pollination and cross pollination when compared to the other tests. *Apis mellifera* was the most frequent bee in flowers with 98,46% (n = 2302) of visits. There was no pollination deficit in *P. peruviana*, and although the plant produces fruits by self-pollination, the increase in variables that measure fruit quality and the number of fruits formed was greater in the open pollination test and cross pollination. Thus *P. peruviana*, considered a self-compatible plant, had its production and fruit quality improved due to the visitation of bees, suggesting that adequate pollination by these insects should be considered in the management strategies for this crop.

Keywords: Bees. Dicogamy. Floral Biology. Productivity. Pollinators.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de culturas e seus respectivos graus de dependência por polinização.....	20
Tabela 2 - Volume e concentração de néctar ao longo dos três dias de antese, no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. N= 14 flores/dia, NE= não estimado. valores com diferentes letras diferem entre si pelo teste de scott-knot a 5% de probabilidade de erro.	46
Tabela 3 - Sucesso reprodutivo dos tratamentos de polinização em <i>P. peruviana</i> , no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil.....	47
Tabela 4 - Efeito dos tratamentos de polinização sobre características do fruto de <i>P. peruviana</i> , no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. Valores seguidos da mesma letra não diferiram entre si pelo teste estatístico de Skott Knott a nível de significância de 5%.	48
Tabela 5 - Visitantes florais registrados nas flores de <i>P. peruviana</i> , no período de estudo, em Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. 48 horas de observação focal.	49

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- *Physalis peruviana*: A. Indivíduo jovem. B. Flor com pétalas amarelas e base com guiar de néctar (asterisco). C. Cálice fechado (seta) recobrimdo frutos. D. Frutos maduros, notar que o capúlio foi aberto (seta).29
- Figura 2 - Alguns produtos comerciais cuja base é a fruta de *Physalis peruviana*. ...31
- Figura 3 - Localização da área de estudo. O estado do Rio Grande do Sul localiza-se ao Sul do Brasil (A) e o município de Cerro Largo no noroeste do Rio Grande do Sul (B). Indivíduos de *P. peruviana* foram cultivados em canteiros localizados na estação experimental da UFFS/Campus de Cerro Largo (C), cuja área adjacente é formada por lavouras e fragmentos de mata nativa.39
- Figura 4 - Flor de *P. peruviana*. A. Flor em posição pêndula e região da câmara nectarífera (colchete). B. Anteras com deiscência rimosa (seta). C. Guias de néctar na base das pétalas (asterisco), filetes epipetalos (seta branca), tricomas (triângulo) e estreita área onde os mesmos estão ausentes (seta vazada).42
- Figura 5 - A-L. Fases da antese floral de *P. peruviana* ao longo de três dias consecutivos, no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. N=126 flores/dia.43
- Figura 6 - Medidas dos atributos florais de *P. peruviana* durante três dias de antese floral (DAF), no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. Valores com diferentes letras minúsculas diferem entre si na coluna pelo Teste de Tukey a 5%. *ND = não estimado. N= 42 flores/dia.44
- Figura 7 - Número médio de anteras abertas por flor ao longo de três dias de antese, no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. N= 126 flores/dia. ...45
- Figura 8 - Número médio de visitantes florais em *P. peruviana*, no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. Valores com diferentes letras diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade de erro. Tempo de observação 48 horas.50
- Figura 9 - Visitantes florais de *P. peruviana*. A-B. A. *mellifera* agarrada nas anteras para realizar movimentos circulares sobre a corola e tomar néctar das flores. C-D. *Dialictus* sp. tomando néctar das flores, note o estigma entre as anteras (seta).51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAFRUTAS	Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados.
BPBES/REBIP	Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil.
FAO	Food and Agriculture Organization of The United Nations.
IPBES	Intergovernmental Science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
MCT-PUCRS	Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS.
PPGATS	Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 POLINIZAÇÃO EM CULTURAS AGRÍCOLAS	18
2.2 VALORES MONETÁRIOS SOBRE SERVIÇOS DE POLINIZAÇÃO	23
2.3 CONSERVAÇÃO DE POLINIZADORES	25
2.4 FRUTICULTURA E <i>Physalis peruviana</i>	27
3. RESULTADOS.....	32
3.1 <i>Physalis peruviana</i> L., UMA PLANTA AUTOGÂMICA COM ESTRATÉGIAS PARA ATRAIR ABELHAS, FAVORECER A POLINIZAÇÃO E AUMENTAR O SUCESSO REPRODUTIVO	33
3.1.1 INTRODUÇÃO	36
3.1.2 MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1.2.1 ÁREA DE ESTUDO	38
3.1.2.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	39
3.1.2.3 BIOLOGIA FLORAL.....	39
3.1.2.4 TESTES DE POLINIZAÇÃO E SUCESSO REPRODUTIVO.....	40
3.1.2.5 DEPENDÊNCIA POR POLINIZADORES E DEFICIT DE POLINIZAÇÃO .	40
3.1.2.6 VISITANTES FLORAIS.....	41
3.1.2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	41
3.1.3 RESULTADOS	41
3.1.3.1 MORFOLOGIA E BIOLOGIA FLORAL.....	41
3.1.3.2 SUCESSO REPRODUTIVO	46
3.1.3.3 VISITANTES FLORAIS E POLINIZADORES	48
3.1.4 DISCUSSÃO	51
3.1.4.1 BIOLOGIA FLORAL E SUCESSO REPRODUTIVO.....	51
3.1.4.2 VISITANTES FLORAIS E POLINIZADORES.....	54
3.1.5 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS.....	58
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS	67
REFERÊNCIAS.....	68

1. INTRODUÇÃO

A polinização é necessária para a reprodução sexuada das plantas e, na sua ausência, a manutenção da variabilidade genética entre os vegetais não ocorre (ALMEIDA et al., 2003). Uma polinização insuficiente resulta em problemas para a produção de frutos, sementes e, conseqüentemente, para a recomposição e regeneração das espécies (VIANA, 1990). Assim, o serviço ecossistêmico prestado por polinizadores é fundamental para a manutenção da biodiversidade vegetal, bem como para a produção de alimentos (IMPERATRIZ-FONSECA, 2012).

As angiospermas possuem atrativos florais para favorecer a visitação de agentes polinizadores, tais como forma, cores, guias de néctar e odores (VARASSIN et al., 2014; BARÔNIO et al., 2016), que sinalizam a presença de recursos florais, usados para satisfazer necessidades de alimentação, reprodução ou construção de ninho (AGOSTINI et al., 2014). A necessidade alimentar é responsável pela maioria das visitas, sendo pólen, néctar e óleo os recursos alimentares apresentados (FAEGRI e VAN DER PIJL 1979, AGOSTINI et al., 2014). Além de atrativos e recursos florais, as angiospermas apresentam, muitas vezes, estratégias em sua biologia floral que podem alterar de forma temporal ou espacial a maturação de suas estruturas reprodutivas, bem como a disponibilidade dos recursos, potencializando ainda mais a visitação e a polinização cruzada (BARONIO et al., 2016).

As plantas com flores são, em sua maioria, dependentes de vetores de pólen bióticos para a polinização, variando entre 78% para espécies de regiões temperadas, até 98% para regiões tropicais, com 87,5% das espécies do mundo sendo polinizadas por algum tipo de animal (BIERZYCHUDEK, 1981; OLLERTON, 2011). A polinização também pode ser realizada por elementos abióticos, como o vento, que é responsável pela polinização de cerca de 10% das angiospermas (FRIEDMAN e BARRETT, 2009), e pela água, que poliniza cerca de 3% das plantas com flores (PHILBRICK, 1991).

Dentre os vetores bióticos de pólen, as abelhas destacam-se como principais polinizadores das angiospermas, polinizando aproximadamente 87% das espécies (OLLERTON, 2017). Além das abelhas, as plantas também são polinizadas por lepidópteros (4%), coleópteros (5%), dípteros (19%), vespas (5%), aves (beija-flor) (4%) e morcegos (6,5%) (FAO, 2004), que polinizam um número menor de plantas, mas muitas vezes com interações específicas (OLIVEIRA et al., 2014).

Conforme Freitas (1998), na ausência de agentes polinizadores, espécies de plantas autoincompatíveis, bem como as autocompatíveis, que não possuem mecanismos de autopolinização, não poderiam se reproduzir. Além disso, mesmo em plantas autocompatíveis, a garantia da variabilidade genética se dá pela polinização cruzada, (MCGREGOR, 1976; OLIVEIRA, P. E., MARUYAMA, 2014), o que contribui para que os cultivos tornem-se menos suscetíveis à pragas e patógenos (BPBES/REBIPP, 2019), além de proporcionar aumento na qualidade dos frutos (KLATT et al., 2014; GARRATT et al., 2014).

Um estudo com 115 espécies de plantas utilizadas para alimentação humana, considerando a produção de frutas, vegetais e sementes, mostrou que, deste total, 87 espécies dependem em algum grau de polinização animal, enquanto apenas 28 espécies não são dependentes (KLEIN et al., 2007). A dependência por polinizadores varia gradativamente entre quatro níveis: pouca, modesta, alta e essencial, sendo a classificação realizada conforme o acréscimo de produção que as visitas dos polinizadores trazem (KLEIN et al., 2007; GIANNINI et al., 2015). No Brasil, dentre 91 plantas cultivadas e silvestres utilizadas na alimentação humana, nas quais foi possível determinar o grau de dependência a polinizadores, em 35% delas a presença de polinizadores foi considerada essencial para a reprodução (BPBES/REBIPP, 2019). Ainda no Brasil, para 141 cultivos que se têm dados de polinização, foram identificadas 249 espécies de polinizadores pertencentes a 133 gêneros, 43 famílias e 9 ordens. As abelhas são maioria, alcançando 66,3% das espécies de polinizadores identificados (BPBES/REBIPP, 2019).

Freitas (2010) considera que a contribuição das abelhas para a polinização de cultivos agrícolas no Brasil é extremamente relevante. No entanto, esse serviço é pouco aproveitado, principalmente pela falta de conhecimento dos produtores. Diversas culturas agrícolas têm sido beneficiadas pela polinização por abelhas, aumentando a qualidade dos frutos e índices de produtividade. Dentre estas, no Brasil, estudos indicam que diferentes espécies de abelhas são eficientes polinizadores de culturas como o melão (*Cucumis melo* L., KIILL et al., 2013), o maracujá (*Passiflora* spp., SILVA et al., 2012), a mamona (*Ricinus communis* L., RIZZARDO et al., 2012), a manga (*Mangifera indica* L., CARVALHEIRO et al., 2012), o caju (*Anacardium occidentale*, L., FREITAS et al., 2014), o pimentão (*Capsicum annuum* L., ROSELINO, 2010), a canola (*Brassica napus*, WITTER et al., 2014), o algodão (*Gossypium* spp., PIRES et al., 2014), o tomate (*Solanum lycopersicon*,

SILVA-NETO et al., 2013; DEPRÁ et al., 2014) e a castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa Bonpl.*, CAVALCANTE et. al., 2012).

A polinização como um serviço ecossistêmico que gera benefícios aos seres humanos possui valor associado à produção de alimentos. Dados recentes compilados de mais de 3000 artigos científicos sobre polinização em diversas espécies de plantas nativas e cultivadas, apontam que os valores globais dos serviços de polinização encontram-se entre 235 e 577 bilhões de dólares para o ano de 2015 (IPBES, 2016). No Brasil, o valor da polinização para 141 plantas utilizadas na alimentação foi estimado em 12 bilhões de dólares (Giannini et al., 2015). Ainda no Brasil, para o ano de 2018, o valor anual dos serviços de polinização de 67 culturas foi estimado em R\$ 43 bilhões (BPBES/REBIPP, 2019). Entretanto, esse valor é deficitário se comparado a todas as culturas utilizadas para alimentação humana e animal em todo o país, bem como os ganhos para os ecossistemas naturais. Além disso, cálculos com culturas regionais que alimentam as populações locais e não têm cotações comerciais internacionais ficam fora dessas avaliações, deixando ainda uma lacuna de valores para tais culturas (IMPERATRIZ-FONSECA e JOLY, 2017).

Apesar de toda a sua importância, a manutenção do serviço ecossistêmico de polinização está em risco, uma vez que muitos polinizadores estão ameaçados pelas mudanças climáticas, doenças, uso intenso e descuidado de agrotóxicos, técnicas de manejo que degradam solos, intensa urbanização e destruição de seus habitats naturais (SANTOS; AIZEN; SILVA, 2014). O declínio de populações de polinizadores pode resultar em déficit de polinização e, conseqüentemente, afetar a reprodução das plantas, implicando na possibilidade de redução das populações de espécies vegetais nativas, bem como redução na produtividade de plantas cultivadas (SANTOS; AIZEN; SILVA, 2014).

Segundo Freitas (1998), no Brasil, os serviços de polinização não são suficientemente estudados e valorizados, dando-se maior importância à produção de novas variedades, novos agroquímicos e novas técnicas de cultivo, como se não houvesse interação desses fatores com o processo de polinização. Assim, identificar e quantificar as necessidades de polinização nos cultivos agrícolas, bem como seus principais polinizadores, é fundamental para um manejo adequado das culturas visando maximizar a produção e, conseqüentemente, contribuir para minimizar os impactos ao ambiente.

A fruticultura é um segmento da agricultura em crescente evolução, atendendo o mercado interno e a cada dia ganhando mais espaço no mercado externo. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, superado apenas pela China e Índia (SEBRAE, 2015). Existem centenas de espécies de plantas frutíferas no país, nativas ou exóticas, com potencial produtivo e econômico (JUNQUEIRA e LUENGO, 2000). No entanto, estudos acerca da biologia da polinização e/ou da reprodução destas culturas ainda são escassos. Dentre estas espécies, a *Physalis peruviana* L., uma solanaceae originária dos andes, popularmente conhecida como fisális, tem se destacado no contexto das pequenas frutas, pois além de ser uma planta rústica e de boa adaptação (RUFATO et al., 2008), possui alto valor agregado, pois os valores do quilograma de fisális *in natura* variam entre US\$ 12,00 a 16,00 (FISCHER; MERCHÁN; MIRANDA, 2014), o que é uma excelente alternativa para o pequeno e médio produtor rural brasileiro. Em um estudo realizado na Colômbia, Lagos et al. (2008) descreveram que esta espécie é autocompatível e realiza autopolinização, no entanto, produz mais frutos através de polinização aberta e cruzada, sinalizando a importância dos polinizadores para a produtividade desta cultura.

Considerando-se a inexistência de estudos de biologia da polinização com fisális no Brasil, e visto que tal conhecimento é fundamental para elaborar estratégias sustentáveis que colaborem para o aumento da produção, além de resultar na preservação dos insetos polinizadores e seus locais de alimentação e nidificação, este trabalho possui os seguintes objetivos: 1. Descrever a biologia floral de *Physalis peruviana* e investigar como os atrativos florais interferem no modo de polinização da espécie; 2. Verificar o efeito dos tratamentos de polinização e da polinização aberta em características qualitativas dos frutos, e; 3. Verificar os visitantes florais e identificar os polinizadores. Com base nas observações feitas em outros trabalhos realizados com a cultura comprovar a hipótese de que *Physalis peruviana*, apesar de ser uma planta autocompatível e que realiza autopolinização, possui estratégias reprodutivas para favorecer a polinização cruzada, e que essa trás melhoria na qualidade dos frutos e na produção de sementes desta espécie.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 POLINIZAÇÃO EM CULTURAS AGRÍCOLAS

O serviço de polinização é fundamental para o aumento da produção e qualidade dos frutos de inúmeras culturas (RICKETTS et al., 2008), sendo, portanto, um dos principais componentes dos ecossistemas agrícolas (DAILY, 1997). Segundo Klein et al. (2007), este serviço é responsável pela polinização de 75% das espécies vegetais cultivadas e sua ausência pode diminuir a produtividade e, conseqüentemente, aumentar os custos de produção. Em uma revisão feita por Giannini et al. (2015), com dados de 57 trabalhos realizados no Brasil sobre polinização de plantas utilizadas na alimentação, foram citadas 141 culturas, sendo que mais de 60% destas apresentam dependência por serviços de polinização. Segundo Novais et al. (2016), em torno de 68% dos 53 principais cultivos agrícolas do Brasil dependem de polinizadores.

Os sistemas agrícolas de países em desenvolvimento representam mais de dois terços da agricultura mundial (AIZEN et al., 2009; GARIBALDI et al., 2016), de modo que superar os déficits de polinização poderia ser o caminho para um desenvolvimento sustentável nestas nações, bem como para garantir a segurança alimentar. Como alternativa, 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).

Entretanto, existe um grande desafio a ser enfrentado para garantir a reprodução das plantas e produtividade nas lavouras pois, devido à ausência de habitats preservados nas adjacências das áreas cultivadas, estas são, geralmente, carentes da presença de agentes polinizadores em quantidade e distribuição ideais para assegurar bons níveis de polinização (FREITAS, 1998). Além disso, áreas onde plantas dependentes de polinizadores são cultivadas se expandem mais rapidamente do que o estoque de colônias existentes de abelhas manejadas (GARIBALDI et al., 2016). Ainda, a espécie *Apis mellifera* é o principal exemplo de abelha manejada utilizada na polinização. No entanto, suas colmeias estão sendo dizimadas pelo mau uso de defensivos agrícolas. Em três meses (de dezembro de 2018 a fevereiro de 2019), mais de 500 milhões de abelhas foram encontradas mortas por apicultores apenas em quatro estados brasileiros, foram 400 milhões no

Rio Grande do Sul, 7 milhões em São Paulo, 50 milhões em Santa Catarina e 45 milhões em Mato Grosso do Sul (REVISTA GALILEU, 2019), só no município de Cruz Alta-RS, em janeiro deste ano, mais de 600 colônias foram perdidas (RADIO PROGRESSO, 2019).

A importância dos polinizadores para a produção agrícola varia entre os diferentes cultivos, sendo a dependência por polinização definida pelo incremento na produção em decorrência da ação destes agentes. Esta dependência pode variar entre pouca, modesta, alta e essencial (KLEIN et al., 2007; GIANNINI et al., 2015, Tabela 1). Dentre as culturas para as quais a polinização é essencial, podemos citar a maçã (SOSTER e LATORRE, 2007; VIANA et al., 2014), o açaí (VENTURIERI et al., 2014; GIANNINI et al., 2015; CAMPBELL et al., 2018), a acerola (GOMES et al., 2001; RITZINGER et al., 2004; MAGALHÃES e FREITAS, 2013), o maracujá (PEREIRA-VIEIRA et al., 2010; SILVA et al., 2012, COBRA et al., 2015) e a castanha-do-brasil (CAVALCANTE, 2008; CAVALCANTE et al., 2012), cujos principais polinizadores são abelhas.

Tabela 1 - Exemplos de culturas e seus respectivos graus de dependência por polinização.

Categoria	Grau de Dependência*	Exemplos
Essencial	0,95	Maracujá, maçã, acerola, castanha do Pará, melão, melancia, abóbora, pepino, cacau.
Alta	0,65	Abacate, girassol, goiaba.
Modesta	0,25	Algodoeiro, soja, café, caju, canola, morango, berinjela, tomate.
Pouca	0,05	Laranja, feijão, pimentão.

FONTE: Adaptado de Giannini et al. (2015).

*Grau de dependência (GD) por polinização segundo Klein et al. (2007). Essencial (GD = 0,95): incremento de 90% a 100% na produção com a ação de polinizadores; Alta (GD = 0,65): 40% a 90%; Modesta (GD = 0,25): 10% a 40%; Pouca (GD = 0,05): 0% a 10%.

A macieira é uma planta que depende exclusivamente de polinização cruzada, ao ponto que não ocorre autopolinização entre a mesma variedade, sendo necessário, para reprodução, duas variedades diferentes florescendo na mesma época, além de insetos polinizadores para transportar o pólen entre elas (FREITAS, 1995; ORTH, 2012). No cultivo da maçã, uma boa polinização não se reflete apenas em aumento na produtividade (SALOMÉ e ORTH, 2014), mas também na qualidade dos frutos, tendo em vista que frutos mal polinizados ficam deformados gerando perda de peso, defeitos na estrutura visual e redução no valor de mercado (BIDDINGER e RAJOTTE, 2015). Neste sentido, uma boa polinização depende, principalmente, da presença de insetos polinizadores em níveis adequados (MARTÍN et al., 2015). A espécie *A. mellifera* tem sido considerada o principal polinizador

desta cultura (COSTA-MAIA et al., 2010; PAUDEL et al., 2015), no entanto, estudos mostram que um manejo adequado com espécies de abelhas nativas complementando as visitas da *A. mellifera* pode ser favorável para o aumento da produção dos frutos, evidenciando a importância das abelhas nativas também para este cultivo. Segundo Viana et al. (2015), o uso de colônias de abelhas nativas *Melipona quadrifasciata* juntamente com colônias de *A. mellifera* em pomares da cultivar produtora EVA melhora a produção de sementes em 67%, e a produção de frutos em 44%, quando comparados a cultivos onde apenas colônias de *A. mellifera* foram utilizadas.

A castanheira-do-brasil é uma planta predominantemente alógama (MAUÉS, 2002). Resultados referentes aos requerimentos de polinização da espécie em castanheiras cultivadas na Floresta Amazônica Central, mostraram que os níveis de polinização natural (polinização aberta) observados na cultura (3,05%) são significativamente menores do que o seu potencial máximo, obtido por meio da polinização cruzada manual (19,33%). Isto demonstra claramente o déficit de polinização no local deste cultivo (CAVALCANTE et. al., 2012).

A aceroleira é polinizada por abelhas coletoras de óleos florais, dos gêneros *Centris* e *Epicharis* (MARTINS DE OLIVEIRA et al., 2015). Destaca-se o registro de aumento de 186% na produção de frutos em áreas nas quais ninhos de abelhas *Centris analis* foram introduzidos, em comparação a áreas sem introdução (MAGALHÃES e FREITAS 2013).

O maracujá-amarelo é autoincompatível e necessita de polinização cruzada para a formação de seus frutos. Essa polinização pode ser realizada por insetos (natural) ou pelo próprio homem manualmente (polinização artificial) (YAMAMOTO et al., 2012). Dados referentes à polinização artificial apresentaram taxas de frutificação de 64,7% e 77,67%, enquanto as taxas de frutificação natural variaram entre 14,3% e 53,85% (COBRA et al., 2015; MELO et al., 2014; SIQUEIRA et al., 2009). Menores taxas de frutificação pela polinização natural podem ser indicativas de um número insuficiente de polinizadores (VIANA, 2006), ou seja, limitação polínica, resultante de baixa visitação e pouca deposição de pólen no estigma da flor (ASHMAN et al., 2004; FREITAS; WOLOWSKI; SIGILIANO, 2010).

Para outras culturas como soja (GAZZONI, 2017; CHIARI 2005 e 2008; MILFONT et al., 2013), canola (BLOCHTEIN et.al., 2015; WITTER et.al., 2015), morango (WITTER et al., 2012; CASTLE, 2019), café (THOMAS e KEVAN, 2012, HIPOLITO et al., 2018), tomate (BARTELLI e NOGUEIRA-FERREIRA, 2014),

pimentão (ROSELINO et al., 2010), berinjela (NUNES-SILVA et al., 2013) e algodão (PIRES et al., 2014), a presença de agentes polinizadores para reprodução não é obrigatória. No entanto, ainda assim a visitação de polinizadores traz aumento na produção e qualidade dos frutos destas culturas.

Em cultivos de soja, foi registrado aumento na produção quando as flores receberam visitas de polinizadores, mesmo que o grau de dependência seja modesto (0,25) (GIANNINI et al., 2015). Um estudo realizado com a cultivar BRS Carnaúba mostrou um aumento de 6,4% na produção em áreas com presença de polinizadores, e de 18% em áreas onde foram inseridas colônias de *A. mellifera*, quando comparadas às áreas onde a visitação foi excluída (MILFONT et al., 2013). Outro experimento com a cultivar BRS 245 transgênica, que utilizou colmeias de *A. mellifera* sobre as parcelas da cultura, registrou um acréscimo no número de vagens em relação ao cultivo testemunha (parcelas da cultura sem colmeias), e um aumento de 37% na produção de grãos (CHIARI et al., 2008).

A canola também é uma cultura na qual ocorre autopolinização (TOMM, 2013), com grau de dependência de polinizadores de 0,25 (GIANNINI et al., 2015), no entanto, quando ocorre polinização por abelhas, o número de siliquas por planta e o número de sementes por siliquas aumenta consideravelmente (BLOCHTEIN et al., 2014; WITTER et al., 2014; FUZARO et al., 2018). Ainda, Witter et al. (2014) registraram correlação positiva entre a densidade de insetos e o peso de grãos/planta nas lavouras. Em um experimento, na parcela onde se utilizou um tratamento de livre visitação, ocorreu um aumento de 17% na produtividade para a cultivar Hyola 420, e aproximadamente 30% para a cultivar Hyola 61 em comparação à parcela onde houve a exclusão de visitas (BLOCHTEIN et al., 2014).

A dependência por polinização do morango varia de acordo com a cultivar, sendo, em média, o grau de 0,25 (GIANNINI et al., 2015), e se dá principalmente em função da melhor formação dos frutos (KLATT et al., 2014). Witter et al. (2012) encontraram redução na má formação de frutos quando houve visitação de abelhas na ordem de 33,8% na cultivar Aromas, 26,2% na cultivar Diamante, e 15,5% na cultivar Cegnidarem.

O cafeeiro possui grau de dependência modesto (0,25) por polinização (GIANNINI et al., 2015). Entretanto, estudos indicam um acréscimo de 14% na produção quando em situações de cultivos cujas flores foram visitadas por insetos polinizadores (DE MARCO e COELHO, 2004), ao passo que uma queda de 55,25% na produção de grãos e de mais de 15% no peso médio dos grãos de café foi

registrada na ausência de abelhas realizando a polinização (MALERBO-SOUZA e HALAK, 2012). Hipólito et al. (2018) encontraram um aumento de 30% em cultivos de cafeeiros de baixo impacto (em agroflorestas ou áreas de cultivo rodeadas de fragmentos de mata) quando comparadas a cultivos de alto impacto (monocultivo com grandes extensões territoriais), o que evidencia a importância de habitats preservados para que haja polinizadores e garantia do serviço de polinização.

As características das flores do tomateiro permitem a autopolinização espontânea e, segundo Giannini et al. (2015), o grau de dependência por polinização é modesto. No entanto, a transferência de pólen, realizada por abelhas vibradoras, aumenta a taxa de frutificação em até 7%, bem como a qualidade dos frutos (SILVA NETO et al., 2013; DEPRÁ et al., 2014).

O pimentão apresenta pouca dependência por polinização (GIANNINI et al., 2015). No entanto, para cultivos protegidos, foi registrado aumento de 22% no número de pimentões com mais 89,9 g, peso considerado ideal para venda, após a inserção de abelhas que realizam polinização por vibração (ROSELINO et al., 2010).

O grau de dependência por polinização para a berinjela também é modesto (GIANNINI et al., 2015). Porém, quando cultivada em casa de vegetação e na presença de colmeias de abelhas nativas, foi registrado aumento na porcentagem de frutificação e peso de frutos, além de decréscimo na porcentagem de aborto de frutos (NUNES-SILVA et al., 2013).

Pires et al. (2014) encontraram um aumento de produção de algodão, mesmo este possuindo um grau de dependência a polinizadores modesto (GIANNINI et al., 2015), em mais de 12% de peso da fibra, e mais de 17% em número de sementes, em parcelas rodeadas de fragmentos de mata nativa. Os pesquisadores perceberam também alta frequência de visitas às flores quando comparadas aos cultivos tradicionais, onde o número de visitas é menor em virtude da maior distância dos remanescentes de mata nativa.

2.2 VALORES MONETÁRIOS DOS SERVIÇOS DE POLINIZAÇÃO

Dentre todos os serviços ecossistêmicos, a polinização é um dos principais, pois pode ser considerado regulatório, de provisão e cultural. Inclui a manutenção e a variabilidade genética de populações de plantas nativas que sustentam a biodiversidade e as funções ecossistêmicas (serviço ecossistêmico regulatório), garante o fornecimento de frutos, sementes, mel, entre outros (serviço ecossistêmico

de provisão), e ainda a promove valores culturais relacionados ao conhecimento tradicional (serviço ecossistêmico cultural) (BPBES/REBIPP, 2019; BREEZE et al., 2011).

Nos últimos 40 anos, os estudos evidenciam o papel dos polinizadores, especialmente das abelhas, na polinização de plantas cultivadas ou silvestres, mostrando que é necessário incorporar tal serviço ao sistema de produção destas plantas (BPBES/REBIPP, 2019). No entanto, cálculos para valoração dos serviços de polinização são complexos devido à falta de estudos para diversas espécies vegetais, bem como em função da ausência de conhecimento do valor agregado que esse serviço pode gerar, tanto para produção de alimentos, quanto para a garantia da manutenção das espécies vegetais e de polinizadores.

Nos sistemas agrícolas, a importância dos polinizadores está ligada diretamente à produção de alimentos e, por consequência, à segurança alimentar, tornando-os diretamente ligados ao bem-estar humano. Um terço dos principais produtos agrícolas consumidos por humanos depende da ação direta dos polinizadores (MAUÉS, 2014). As culturas consumidas abrangem muitas frutas, verduras e sementes, incluindo alimentos que fornecem a maior parte dos micronutrientes, minerais e vitaminas da dieta humana, tais como vitamina A, C, cálcio e ácido fólico (NUNES-SILVA, et al., 2013; SILVA-NETO, et al., 2013; MAUÉS, 2014; GARIBALDI et al., 2015; POTTS et al., 2016), além de contribuir para a produção da proteína animal, a qual indiretamente provém de plantas beneficiadas pelos polinizadores (MAUÉS, 2014).

Desta forma, os serviços de polinização colaboram não só para a produção e qualidade dos alimentos, mas contribuem também com aspectos nutricionais dos frutos. Smith et al. (2015) descreveram que os polinizadores, além de serem responsáveis pelo aumento de 35% na produção de alimentos, considerando 224 culturas de 156 países, são ainda responsáveis por até 40% do suprimento global de vitamina A. Assim, segundo estes autores, as mudanças na dieta em virtude da falta de polinizadores podem aumentar as mortes globais por desnutrição em 1,42 milhões de pessoas anualmente.

Para calcular o valor da polinização, multiplica-se a taxa de dependência pelo valor da produção anual de uma determinada cultura agrícola (GALLAI e VAISSIÈRE, 2009). O documento Avaliação-Polinizadores, Polinização e Produção de Alimentos da IPBES, estimou, para os serviços de polinização globais, valores entre US\$ 235 bilhões e US\$ 577 bilhões de dólares americanos (IPBES, 2016). Na

América do Sul, os valores dos serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores para os cultivos agrícolas figuram em torno de 11 bilhões de euros por ano (GALLAI et al., 2009). No Brasil, a polinização nos cultivos agrícolas pode chegar a um valor anual de US\$ 12 bilhões (GIANNINI et al., 2015). A soja é a cultura com maior acréscimo de produção devido à visita de polinizadores, US\$ 5,7 bilhões anuais, provavelmente por estar entre as culturas com maior área de produção mundial. O café é a segunda cultura com maior valor de produção advinda da contribuição de polinizadores, com US\$ 1,9 bilhões. O valor estimado para a cultura do tomate é de US\$ 992 milhões; para a cultura do algodão de US\$ 827 milhões; para o cacau, US\$ 533 milhões; e para a laranja, US\$ 522 milhões (GIANNINI et al., 2015). Ainda assim, mesmo diante destes resultados estudo evidenciando o papel dos polinizadores na produção agrícola não têm recebido a devida importância.

As evidências de declínio de populações de polinizadores em algumas regiões do mundo, somadas ao fato de que as áreas apropriadas para algumas espécies de polinizadores nativos estão diminuindo gradativamente ao longo dos anos (GIANNINI et al., 2012), têm consequências diretas para a produção agrícola e para a manutenção da biodiversidade em ecossistemas naturais. Para a agricultura, segundo Aizen et al. (2009), a ausência dos polinizadores pode gerar perdas em torno de 5 a 8% da produção mundial de alimentos, vale ainda ressaltar que culturas com grau de dependência a polinizadores também são utilizadas para alimentação animal, obtenção de fibras e combustíveis fatos que se levados em consideração poderiam elevar ainda mais esse percentual.

A valoração dos serviços ecossistêmicos de polinização tem, portanto, um importante papel: estimar o valor desse serviço, que entra como elemento fundamental para a produção agrícola e segurança alimentar, bem como para a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas do planeta.

2.3 CONSERVAÇÃO DE POLINIZADORES

A polinização é um serviço de extrema importância para a manutenção de processos em ecossistemas naturais e agroecossistemas. No entanto, a fauna polinizadora está ameaçada pelo mau uso da terra e pela degradação dos habitats naturais (ALVES DOS SANTOS et al., 2014). O declínio de polinizadores está relacionado a fatores como a diminuição e fragmentação de habitats, a utilização de

agrotóxicos, patógenos, introdução de espécies exóticas, mudanças climáticas e até mesmo pela interação entre estes fatores (GOULSON et al., 2015; POTTS et al., 2010). Vários estudos trazem informações sobre a perda das abelhas. Só nos Estados Unidos, a perda anual de abelhas ultrapassa os 30% (LEE et al., 2015), e pode chegar a 50% para países europeus (POTTS et al., 2016). A perda de polinizadores pode trazer riscos ecológicos e econômicos em escala local, nacional, continental e mundial (POTTS et al., 2010).

O crescimento econômico envolvendo algumas culturas está atrelado à maior utilização de defensivos agrícolas em grandes áreas, o que atinge diretamente as abelhas, que são os principais responsáveis pela polinização destas áreas (MILFONT, 2012), levando a perda de suas populações. Entretanto, segundo Vieira et al. (2010), a perda dos polinizadores nesses locais ocasiona déficit de polinização, o que afeta a produtividade e o lucro das culturas.

Abelhas se destacam como os principais polinizadores, tanto em ecossistemas naturais quanto em ecossistemas agrícolas (OLLERTON, 2017). Kleijn et al. (2015) mostraram que 13% das espécies de abelhas descritas globalmente foram registradas em cultivos agrícolas e que, dentre as espécies que visitam esses cultivos, mais de 90% faz uso ocasional desse recurso. Sendo assim, a preservação de suas áreas de nidificação, e a disponibilização de recursos alimentares fora das áreas de cultivo, é de interesse econômico e ecológico.

Os ecossistemas agrícolas e naturais são integrados na paisagem, de forma que a produtividade agrícola é dependente da conservação de áreas naturais, e a manutenção dessas áreas naturais depende dos diferentes usos e ocupações da paisagem, bem como do manejo agrícola utilizado nas áreas de cultivo (AIZEN et al., 2009). O equilíbrio dessa relação torna-se ainda mais importante em função da necessidade de conservar as interações entre plantas e polinizadores para garantir a segurança alimentar (AIZEN et al., 2009).

Existem alternativas para a produção vegetal que minimizam o impacto dos cultivos sobre os polinizadores. Tais alternativas são conhecidas como práticas amigáveis, e são um conjunto de ações que visam a proteção e a permanência dos polinizadores em áreas agrícolas, possibilitando o maior sucesso reprodutivo das plantas cultivadas (MAUÉS, 2014). Pelo fato de as abelhas serem consideradas os principais polinizadores das angiospermas nativas e cultivadas no mundo, as práticas amigáveis são, em sua maioria, voltadas a este grupo de insetos.

Dentre as práticas descritas nos trabalhos de Goulson et al. (2015), Klein et al. (2007) e Witter et al. (2014), destacam-se as seguintes:

- a. Conhecer as abelhas e os locais de nidificação;
- b. Disponibilizar habitats para a nidificação;
- c. Adotar sistemas de manejo do solo, com a finalidade de diminuir danos aos locais de nidificação das abelhas;
- d. Disponibilizar recursos florais através da manutenção da vegetação ruderal;
- e. Manter áreas naturais e diversidade vegetal, como áreas de floresta nos entornos dos cultivos;
- f. Manter corredores ecológicos que promovam a conectividade de habitats;
- g. Reduzir a utilização de agrotóxicos e, quando necessária a aplicação, realizar preferencialmente em período oposto à antese.

Além disso, existem alternativas ecológicas que auxiliam na conservação de habitats e preservação de polinizadores, tais como cultivos agroecológicos em propriedades familiares. Essas formas de cultivo vêm se contrapondo aos monocultivos e à agricultura tradicional de larga escala, no entanto, para que isso se torne realidade, é preciso possuir planos de manejo de fertilização, controle de pragas e patógenos, além de conhecer a biologia da polinização e os polinizadores das culturas em escala local.

2.4 FRUTICULTURA E *Physalis peruviana*

A oferta de frutas de qualidade e estudos indicando as mesmas como importantes aliados na prevenção de doenças, têm impulsionado o crescimento e desenvolvimento do setor da fruticultura, que ocupa mais de dois milhões e quinhentos mil hectares, e produz o volume correspondente a 44 milhões de toneladas ao ano no país (ABRAFUTAS, 2018). A comercialização de frutas no Brasil no ano de 2017 alcançou a marca de 12,894 bilhões de reais no mercado interno e US\$ 946,792 milhões nas exportações (KIST et al., 2018).

Visando atender a novas demandas e ofertar novos sabores, cores e texturas ao mercado interno e externo, frutíferas nativas e exóticas com frutos pequenos ainda pouco conhecidas tornam-se alternativa às espécies tradicionais (SARMENTO, 2017). A produção de pequenos frutos no Brasil engloba uma série de espécies, como amora-preta (*Rubus brasiliensis*), framboesa (*Rubus idaeus*), mirtilo (*Vaccinium myrtillus*), morango (*Fragaria hybridus*), físalis (*Physalis peruviana*), entre

outras, e tem conquistado consumidores e despertado a atenção de processadores de frutas, agentes comercializadores e, por consequência, produtores, em função de seu alto valor comercial agregado e facilidade na produção (HOFFMANN, 2003). Dentre estas, a *Physalis peruviana* está em destaque devido ao sabor peculiar do fruto, propriedades nutracêuticas e uso na culinária, o que alavancou seu consumo em todo o mundo (GASTELUM, 2012).

Physalis peruviana pertence à família Solanaceae, importante família de angiospermas, que inclui muitas espécies de valor econômico, tais como *Solanum lycopersicum* L. (tomate), *Capsicum annuum* L. (pimentão), *Nicotiana tabacum* L. (fumo) e *Solanum melongena* L. (berinjela) (SOUZA, 2008). Esta espécie é nativa da América do Sul e ocorre naturalmente nos Andes, em regiões com altitude entre 1.800m e 2.800m e temperaturas que variam de 8°C a 20°C (CHAUTÁ-MELIZZO et. al., 2012).

Fisális é uma planta subarborescente (Fig. 1A) e perene, no entanto, em plantações comerciais o cultivo é anual. O sistema radicular é profundo, com as raízes principais atingindo até 80 cm (ANGULO, 2005). Os indivíduos podem chegar a 2,0m de altura, e necessitam de tutoramento para manter as hastes eretas (FISCHER e LÜDDERS, 2002). O caule é ramificado, em cada nó nascem duas gemas, uma vegetativa e outra reprodutiva. As folhas são pilosas, triangulares e dispostas de forma alterna (LAGOS, 2006). As flores são solitárias, hermafroditas, com corola amarela e guia de néctar na base das pétalas (Fig. 1B, asterisco). Além disso, possuem um cálice denominado capúlio que recobre os frutos (Fig. 1C e D, setas) (ALMANZA e FISCHER, 2012). A fruta (Fig. 1D) é uma baga carnosa, em forma globosa, de cor laranja, com diâmetro entre 1,25 cm e 2,50 cm e massa entre 4 g e 10 g, com 100 a 300 sementes (NOVOA, 2006). Cada planta produz em média dois quilos de frutas por safra (CAMACHO, 2000).

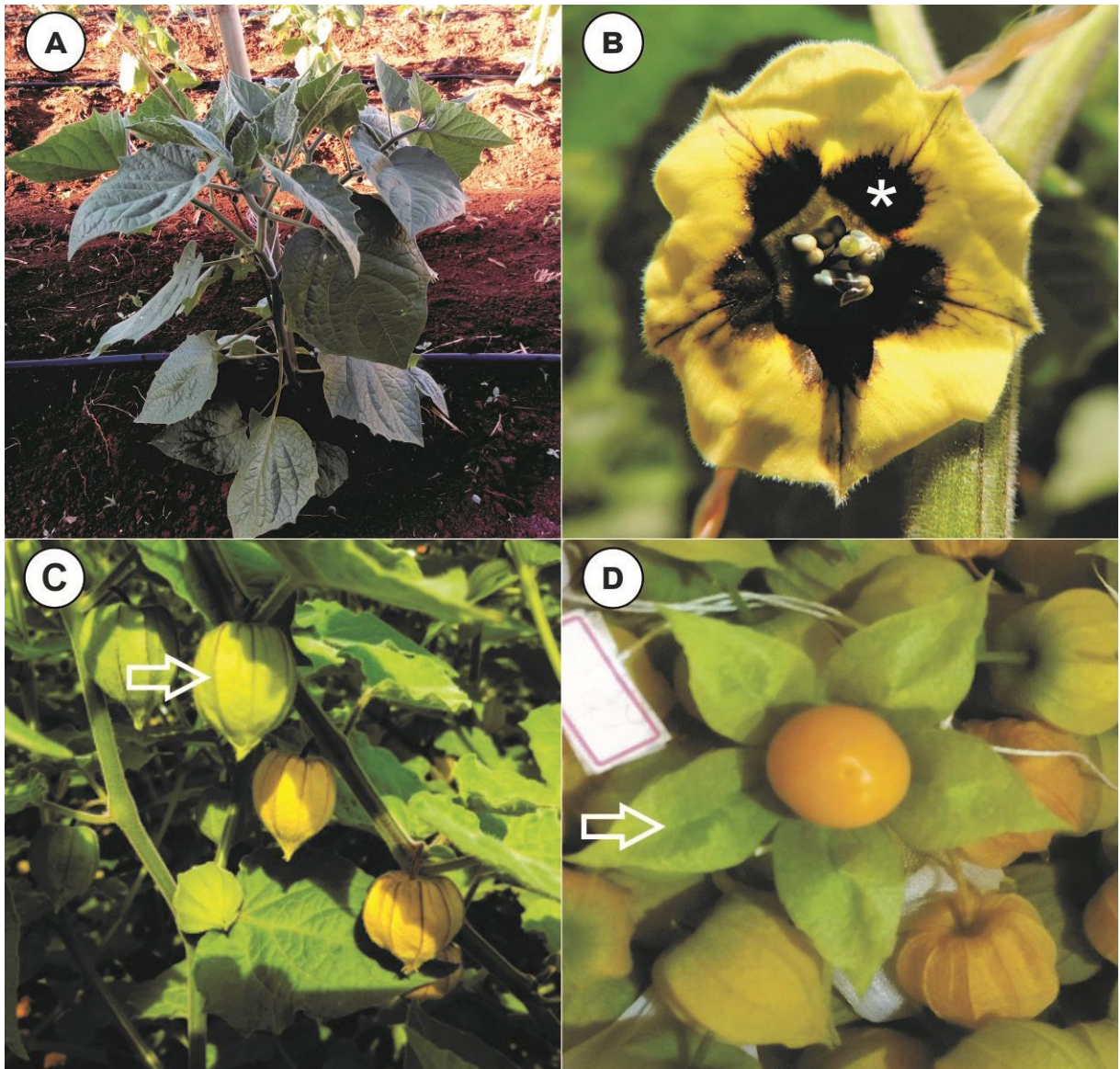


Figura 1- *Physalis peruviana*: A. Indivíduo jovem. B. Flor com pétalas amarelas e base com guiar de néctar (asterisco). C. Cálice fechado (seta) recobrimdo frutos. D. Frutos maduros, notar que o capúlio foi aberto (seta).

Fonte: elaborada pelo autor.

Os principais produtores de fisális são a Colômbia, Quênia, Zimbábue, Austrália, Nova Zelândia, Índia e Equador, sendo a Colômbia considerada o maior produtor mundial (RODRÍGUEZ et al., 2012). Na América do Sul, a produção e exportação desta fruta tem gerado altos valores econômicos (FISCHER; MIRANDA, 2012). No ano de 2012, o Equador exportou 104,7 toneladas de fisális, gerando um montante de US\$ 407.649,00 (FISCHER; MERCHÁN; MIRANDA, 2014). O Brasil ainda é considerado importador da fruta (FAO, 2006).

No país, os estudos relacionados à cultura da fisális iniciaram em 1999, com enfoque no cultivo da planta em diferentes tipos de solo e espaçamento (RUFATO,

2010). Os estudos se estendem até hoje, com foco principalmente no que diz respeito a qualidade nutracêutica dos frutos e sistemas de tutoramento (ANDRADE, 2008; FERREIRA, 2006; LIMA, 2009).

Fisális é uma excelente alternativa para cultivos comerciais, pois além de ser uma planta rústica e de boa adaptação (RUFATO et al., 2008), possui alto valor agregado por hectare, com valores do quilograma *in natura* variando entre US\$ 12,00 a 16,00 (FISCHER; MERCHÁN; MIRANDA, 2014). No Rio Grande do Sul, os produtores recebem em torno de R\$ 30,00 a R\$ 40,00 por quilograma no campo (MUNIZ et al., 2015), o que reforça ainda mais a possibilidade de utilização da espécie de forma mais ampla nas propriedades.

O fruto da fisális possui uma grande aceitação no mercado devido ao seu sabor açucarado, além de ser rico em vitaminas A e C, ferro e fósforo, alcaloides, flavonoides, carotenoides e compostos bioativos considerados funcionais (MUNIZ et al., 2015). Os frutos são utilizados na fabricação de doces, geleias, sucos, sorvetes, iogurtes, entre outros produtos (Fig. 2). No entanto, a fisális se destaca no mercado de consumo *in natura* e na produção de doces sofisticados para festas. Já as raízes e folhas são destinadas ao mercado farmacêutico e o cálice, envoltório do fruto, aos trabalhos artesanais (MUNIZ et al., 2015).

Em espécies do gênero *Physalis* encontram-se diferentes modos de reprodução. *P. angulata* é uma espécie autogâmica (Chaves, 2017). *P. viscosa* var. *cinerascens* e *P. ixocarpa* são xenogâmicas e dependentes de abelhas para polinização (CHAVES, 2017). Fischer et al. (2005), verificaram sistema de incompatibilidade gametofítica em *P. ixocarpa*. Segundo Lagos et al. (2006 e 2008) e Chautá-Mellizo et al. (2012) *P. peruviana* é autogâmica.

Mesmo sendo uma planta com enorme potencial econômico, poucos são os estudos referentes a polinização de *P. peruviana*. Sabe-se que a espécie é autofecunda, mas possui flores protogínicas (LAGOS et al. 2006), característica considerada como estratégia para favorecer a polinização cruzada. Em flores com dicogamia, o papel dos polinizadores é crucial para a reprodução, logo, investigar a biologia floral e a polinização em condições locais é fundamental quando se quer compreender os aspectos envolvidos na produção e qualidade de frutos. Além disso, o conhecimento das interações planta-polinizadores poderá auxiliar em planos de manejo para o cultivo de *P. peruviana*, visando o aumento da produção, bem como a conscientização dos produtores sobre a importância da conservação dos insetos polinizadores tendo em vista que em plantas com autofecundação e que permitem a

polinização cruzada os polinizadores são promotores de diversidade, isso é um fator muito importante em programas de melhoramento pois permite o acúmulo de material genético



Figura 2 - Alguns produtos comerciais cuja base é a fruta de *Physalis peruviana*.

Fonte: elaborada pelo autor através de imagens da internet.

3. RESULTADOS

Os resultados da presente dissertação serão apresentados na seção 3.1, sob forma de um artigo científico intitulado “***Physalis peruviana* L., uma planta autogâmica com estratégias para atrair abelhas, favorecer a polinização e aumentar o sucesso reprodutivo**”. Tal estudo, que será submetido à revista “Rodriguésia” para avaliação, aborda a biologia floral, estratégias reprodutivas para atrair insetos polinizadores e a influência de visitantes florais na formação e qualidade dos frutos.

3.1 *Physalis peruviana* L., UMA PLANTA AUTOGÂMICA COM ESTRATÉGIAS PARA ATRAIR ABELHAS, FAVORECER A POLINIZAÇÃO E AUMENTAR O SUCESSO REPRODUTIVO

Physalis peruviana L., a self-compatible plant with strategies to attract bees, favor cross-pollination and increase reproductive success.

Autor¹: Anderson Machado Pavanelo, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, R. Major Antônio Cardoso 590, 97900-000, Cerro Largo, RS, Brasil. E-mail: andersonmpavanelo@gmail.com

Autor²: Rodrigo Ferraz Ramos, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria – RS, Brasil.

Autor³: Mardiore Tanara Pinheiro dos Santos, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, R. Major Antônio Cardoso 590, 97900-000, Cerro Largo, RS, Brasil.

Título resumido: Polinização e sucesso reprodutivo de *P. peruviana*.

Resumo

No que diz respeito a reprodução sexual, independentemente do modo de reprodução da espécie, sabe-se que angiospermas apresentam uma série de estratégias para otimizar a polinização cruzada, atrair polinizadores e promover o sucesso reprodutivo e melhorar as características dos frutos. *Physalis peruviana* L. é uma espécie de solanácea autogâmica e com flores que se autopolinizam. A partir disto, objetivamos descrever a biologia floral; verificar o efeito dos tratamentos de polinização no sucesso reprodutivo; registrar os visitantes florais e identificar os polinizadores desta espécie. Com isto, investigamos a existência de estratégias na biologia floral de *P. peruviana* e a relação com seu sucesso reprodutivo, bem como descrevemos o papel dos polinizadores para a reprodução da espécie. O estudo foi realizado na Estação Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo (28°08'29.9"S 54°45'18.7"W), Rio Grande do Sul, Brasil. Foi registrado o horário de abertura e duração das flores, e a cada duas horas, registrado o número de flores abertas, tomadas medidas dos verticilos florais, registrado a deiscência das anteras, a receptividade do estigma, o volume e concentração do néctar. O efeito da polinização no sucesso reprodutivo de *P. peruviana* foi verificado através de testes de polinização manual e controle. Para todos os testes foram registradas as seguintes variáveis: número de frutos formados, peso, altura e diâmetro do fruto e número de sementes por fruto. O registro da frequência e comportamento dos visitantes florais foi feito através de observações focais (N= 48h). As flores de *P. peruviana* duram três dias. A flor apresenta protoginia incompleta. A deiscência das anteras ocorre ao longo de dois dias e há produção de néctar ao longo de toda a antese. *P. peruviana* produziu mais frutos nos tratamentos de polinização cruzada (72,92%) e aberta (88,46%) e todas as variáveis que medem a qualidade dos frutos foram significativamente maiores nestes testes, quando comparadas aos demais. *Apis mellifera* foi a abelha mais frequente nas flores, com 98,46% das visitas, e foi considerada o principal polinizador neste estudo. Na presença de visitas de abelhas houve aumento de 17,24% na produção de frutos, incremento de 29,4% na massa média, de 10,20% no diâmetro equatorial e 35,06% no número de sementes, quando comparado aos resultados do tratamento de autopolinização espontânea. Deste modo, evidencia-se que a polinização por abelhas é fundamental para o sucesso reprodutivo desta espécie. Além disso, considerando-se a presença de autogamia e autopolinização, a presença de protoginia, mesmo parcial, e o modo de apresentação dos recursos florais ao longo da antese favorecem a polinização cruzada e a visitação de abelhas, sendo estratégias da planta para aumentar o sucesso reprodutivo.

Palavras-chave: Abelhas. Dicogamia. Biologia Floral. Produtividade. Polinizadores.

Abstract

According to sexual reproduction, regardless of the species's mode of reproduction, it is known that angiosperms present a series of strategies to optimize cross-pollination, attract pollinators and promote reproductive success. *Physalis peruviana* L. is a species of autogamous solanaceae with self-pollinating flowers. From this we aim to describe floral biology; to verify the effect of pollination treatments on reproductive success; register floral visitors and identify pollinators of this species. With this, we investigate the existence of strategies in the floral biology of *P. peruviana* and the relationship with its reproductive success, as well as describe the role of pollinators for the reproduction of the species. The study was conducted at the Experimental Station of the Federal University of Southern Frontier, Cerro Largo (28° 08'29.9"S54°45'18.7"W), Rio Grande do Sul, Brazil. The opening time and duration of the flowers were recorded, and at each two hours, the number of open flowers, the measurements of the floral verticils, the anther dehiscence, the stigma receptivity, the volume and the concentration of the nectar were recorded. The effect of pollination on reproductive success of *P. peruviana* was verified by manual and control pollination tests. For all tests, the following variables were recorded: number of fruits formed, weight, height and diameter of fruit and number of seeds per fruit. The frequency and behavior of floral visitors was recorded through focal observations (N = 48h). *P. peruviana* flowers last three days. The flower has incomplete protoginia. The anthers dehiscence occurs over two days and there is nectar production throughout the anthesis. *P. peruviana* produced more fruits in the cross-pollination (72,92%) and open (88,46%) treatments and all variables that measure fruit quality were significantly higher in these tests when compared to the others. *Apis mellifera* was the most common bee in flowers, with 98,46% of visits, and was considered the main pollinator in this study. In the presence of bee visits there was an increase of 17,24% in fruit production, an increase of 29,4% in average mass, 10,20% in equatorial diameter and 35,06% in number of seeds, when compared to the results treatment of self-pollination. Thus, it is evident that bee pollination is fundamental to the reproductive success of this species. In addition, considering the presence of autogamy and self-pollination, the presence of even partial protoginia, and the mode of presentation of floral resources throughout the anthesis favor cross-pollination and bee visitation, being plant strategies to increase reproductive success.

Keywords: Bees. Dichogamy. Floral Biology. Production Increase. Pollinators.

3.1.1 INTRODUÇÃO

As interações entre plantas e polinizadores são fundamentais para a estrutura ecossistêmica, pois garantem a manutenção da diversidade de espécies de plantas e atuam na base da cadeia alimentar das comunidades (ALBRECHT *et al.*, 2012; LUNDGREN *et al.*, 2016). Além disso, os serviços prestados por polinizadores colaboram para a segurança alimentar, além de influenciar nos aspectos qualitativos e quantitativos da produtividade agrícola (GARIBALDI *et al.*, 2016).

Para se ter uma ideia da magnitude e importância destas interações, em uma revisão dos sistemas de polinização existentes em comunidades vegetais dos mais diversos ecossistemas do planeta, Ollerton *et al.* (2011) descreveram que grande parte das angiospermas (87,5%, considerando-se uma riqueza global de 352 mil espécies, PATON *et al.*, 2008) são polinizadas por animais, em comunidades vegetais de ecossistemas tropicais esta proporção atinge 94% das espécies. Ainda, a maioria das plantas de interesse econômico dependem, em algum grau, de polinizadores para sua reprodução (KLEIN *et al.*, 2007; ROUBIK, 2018).

Os valores dos serviços de polinização para a agricultura ao nível mundial foram estimados em € 153 bilhões, considerando-se a produção agrícola de 100 culturas usadas diretamente para alimentação humana no ano de 2005 (GALLAI *et al.*, 2009). Mais recentemente este valor foi atualizado para US\$ 235 a US\$ 577 bilhões (IPBES, 2016). No Brasil, o valor econômico da polinização para culturas dependentes de polinizadores, considerando os anos de 2006, 2011 e 2012, corresponderam a 30% do valor total da produção (GIANNINI *et al.*, 2015), ao passo que os valores dos serviços de polinização para todos os cultivos em 2018 foram estimados em torno de R\$ 43 bilhões (BPBES/REBIPP, 2019).

A reprodução sexual em angiospermas apresenta uma série de mecanismos que envolvem sistemas genéticos, sistemas sexuais, estrutura e biologia floral que são reconhecidas como estratégias para otimizar a reprodução através de polinização cruzada (BAWA, 1980, LLOYD e SCHOEN, 1992). Por exemplo, plantas exibem autoincompatibilidade, unissexualidade (monoiccia e dioecia), maturação dos verticilos de reprodução em tempos distintos (dicogamia) e separação espacial destes verticilos (hercogamia) (LLOYD e WEBB, 1986). Dentre os sistemas sexuais, a dioecia é o único que verdadeiramente impede a autopolinização, pois em teoria tanto na monoecia como na monoclinia a autopolinização pode ocorrer.

Em flores bissexuais autógamias, a autopolinização pode ser evita por

dicogamia e hercogamia, mecanismos que promovem a polinização cruzada ao evitar a interferência intrafloral entre o estigma e o pólen (LLOYD e WEBB, 1986; WEBB e LLOYD, 1986; BERTIN, 1993; BERTIN e NEWMANN 1993). Nestas plantas, a polinização cruzada promove aumento da variabilidade genética, o que usualmente resulta em maior sucesso reprodutivo, com aumento no número de frutos e sementes, bem como aumento na qualidade destas estruturas, como frutos maiores e mais bem formados, sementes com maior capacidade germinativa, por exemplo (PROCTOR *et al.*, 1996; THOMAS e KEVAN, 2012; BARONIO *et al.* 2016).

Vários estudos com plantas cultivadas autógamas, com flores que se autopolinizam, têm demonstrado aumento nas características produtivas das plantas na presença de vetores de pólen. São exemplos a soja (MILFONT *et al.*, 2013), o algodão (Pires *et al.*, 2014), a canola (BLOCHTEIN *et al.*, 2014), o tomate (SILVA-NETO *et al.*, 2013) entre outras. Embora seja evidente a relação do sucesso reprodutivo destas plantas com as visitas de polinizadores, pouco ou nada é mencionado sobre a presença de estratégias nas flores para otimizar a polinização e a reprodução.

Além das estratégias mencionadas, recursos florais como pólen e néctar são oferecidos pelas flores e usados pelos visitantes podendo favorecer a reprodução, o que estará relacionado as necessidades de uso dos visitantes, bem como com estratégias da planta para promover repetidas visitas e maior taxa de polinização (WILMER, 2011; AGOSTINI *et al.*, 2014). Associado a isto, o tempo de duração da antese floral também pode influenciar o número de visitas dos polinizadores, e assim a quantidade e a qualidade do pólen que chega até o estigma das flores (HARDER e JOHNSON, 2005).

Physalis peruviana L. é uma Solanaceae nativa da região andina do Equador e do Peru, de interesse econômico, visitada por abelhas, autogâmica e com flores que se autopolinizam (LAGOS *et al.*, 2008). Estudos de biologia da polinização descreveram maior sucesso reprodutivo em testes de polinização cruzada e quando flores receberam visitas de abelhas (PUENTE *et al.*, 2011, CHAUTÁ-MELIZZO *et al.*, 2012). No Brasil, até o momento, inexistem estudos de biologia floral e da polinização desta espécie. Neste estudo iremos: 1. Descrever a biologia floral de *P. peruviana*, 2. Verificar o efeito dos tratamentos de polinização no sucesso reprodutivo quantitativo e qualitativo desta espécie, 3. Registrar os visitantes florais e identificar seus polinizadores. A partir disto, pretendemos verificar a existência de estratégias na biologia floral que beneficiam o sucesso reprodutivo de *P. peruviana*,

bem como descrever o papel dos polinizadores para a reprodução desta espécie.

3.1.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.1.2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), município de Cerro Largo (28°08'29.9"S 54°45'18.7"W), Rio Grande do Sul, Brasil (Fig. 3 A-C). A vegetação natural desta região é formada pela Floresta Estacional Decidual e pela Savana Estépica (no bioma Mata Atlântica) (IBGE 2012). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, com verões quentes, sem estação seca definida. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico, pertencente à unidade de mapeamento Santo Ângelo e caracteriza-se por apresentar um perfil profundo de coloração vermelha escura, boa drenagem, textura argilosa com predominância de argilominerais 1:1 e óxi-hidróxidos de ferro e alumínio (SANTOS *et al.*, 2013).

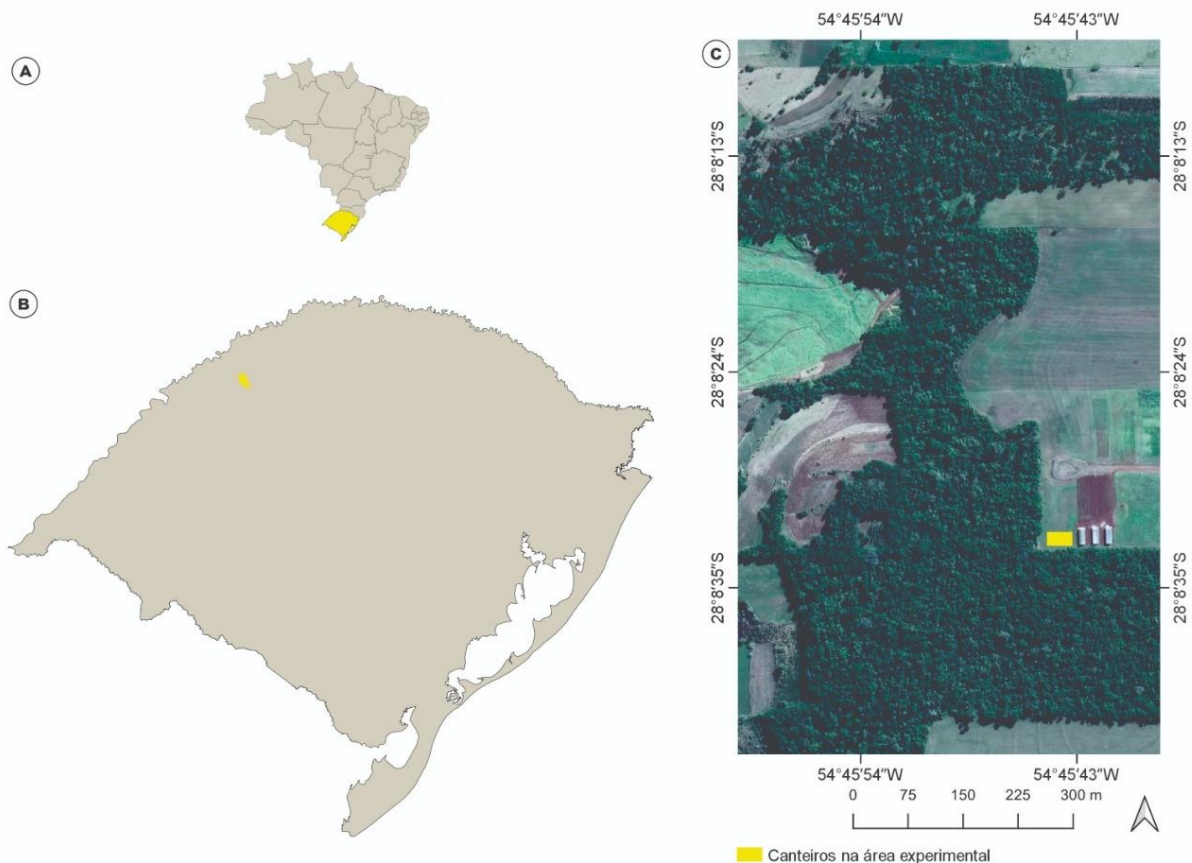


Figura 3 - Localização da área de estudo. O estado do Rio Grande do Sul localiza-se ao Sul do Brasil (A) e o município de Cerro Largo no noroeste do Rio Grande do Sul (B). Indivíduos de *P. peruviana* foram cultivados em canteiros localizados na estação experimental da UFFS/Campus de Cerro Largo (C), cuja área adjacente é formada por lavouras e fragmentos de mata nativa.

3.1.2.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população do estudo foi composta por 100 indivíduos de *P. peruviana*, cultivados em cinco canteiros, plantados no dia 24/07/2017 em sementeira contendo humus de cogumelo, transplantadas no dia 22/10/2017. Os indivíduos foram alocados em um espaçamento de 0,6 metros entre plantas e 1,5 metros entre linhas. Os ramos foram tutorados em espaldeira do tipo “y”. o solo foi previamente corrigido. A adubação utilizada foi a recomendada para o cultivo de tomate, pois inexistente, no Brasil, manual de adubação específico para o gênero *Physalis*, onde foram utilizadas para correção 2 toneladas de calcário por hectare, uma adubação de base de NPK 18.20.30 com 200 quilogramas por hectare, além de mais 150 quilogramas de KCl e 30 kilogramas de N em cobertura. A amostra foi composta por 60 indivíduos localizados nos três canteiros centrais.

3.1.2.3 BIOLOGIA FLORAL

As observações iniciaram no dia 21/12/2017 e se estenderam até 08/03/2018. Foi registrado o horário de abertura e o tempo de duração das flores. Ao longo da antese, foi registrado o comprimento do pedicelo, diâmetro (cálice e corola) e comprimento (androceu e gineceu) dos verticilos florais, verificada a deiscência das anteras e a receptividade do estigma, registrado o volume e concentração do néctar acumulado. Estas medidas foram tomadas em 126 flores, provenientes de 60 indivíduos, ensacadas e marcadas em pré-antese em um mesmo dia. A cada dia da antese floral foram utilizadas 42 destas flores, retiradas da planta a cada duas horas, no período das 6:00 às 18:00, durante três dias consecutivos. As análises foram repetidas três vezes durante o período de floração, totalizando 378 flores. O néctar disponível foi registrado em flores coletadas aleatoriamente no campo (42 flores por dia) nos mesmos horários e repetições utilizadas nos demais testes. As medidas do pedicelo e dos verticilos florais foram feitas com paquímetro digital. A receptividade

do estigma foi testada por meio da reação com peróxido de hidrogênio (DAFNI, 1992). A concentração de açúcares e o volume do néctar foram medidos com refratômetro de bolso e micro-seringas (DAFNI, 1992). O processo de antese também foi registrado através de fotografias retiradas nos horários descritos.

3.1.2.4 TESTES DE POLINIZAÇÃO E SUCESSO REPRODUTIVO

O efeito da polinização no sucesso reprodutivo de *P. peruviana* foi verificado através de testes manuais, conforme metodologia descrita por Radford *et al.* (1974), feitos em flores previamente marcadas e ensacas em botão aleatoriamente nos 60 indivíduos dos três canteiros centrais: autopolinização espontânea (n= 88), autopolinização manual (n= 90), geitonogamia (n= 28), polinização cruzada manual (n= 96) e polinização cruzada manual com flores emasculadas (n= 89). Botões florais (n= 26) foram marcados e deixados para livre visitação (controle). Os frutos provenientes de cada tratamento e do controle foram acompanhados até o amadurecimento e as seguintes variáveis analisadas: número de frutos formados, peso, altura e diâmetro do fruto e número de sementes por fruto.

O modo de reprodução de *P. peruviana* foi mensurado através do índice de autocompatibilidade (IAC) conforme Lloyd; Schoen (1992), que calcula a razão entre frutos formados por autopolinização manual (FAM) e frutos formados por polinização cruzada (FCM): $IAC = FAM/FCM$. O IAC varia de 0 até 1, valor igual a 1 representa completa autocompatibilidade. Neste estudo, a espécie foi considerada autocompatível se o IAC for superior a 0,75.

3.1.2.5 DEPENDÊNCIA POR POLINIZADORES E DEFICIT DE POLINIZAÇÃO

A dependência por polinizadores (DPP) foi mensurada de acordo com Tur *et al.* (2013) pelo cálculo da diferença entre as porcentagens de sementes formadas no teste de polinização aberta (PA) e porcentagem de sementes formadas no teste de autopolinização espontânea (APE): $DPP = PA - APE$. Quando os valores resultantes do tratamento de polinização aberta forem superiores aos valores resultantes da autopolinização espontânea, diz-se que a espécie é dependente de polinizadores. Os valores variam de zero a 100, respectivamente para espécies não dependentes até completamente dependentes de polinizadores para reprodução. Valores negativos foram considerados como não dependentes de polinizadores.

O deficit de polinização (DP) foi avaliado conforme Vaissière *et al.*, (2009) através do cálculo da diferença entre a média de frutos formados nos testes de polinização cruzada manual (PCM) e de polinização aberta (PA): $DP = PCM - PA$. Quando os valores de vingamentos obtidos no tratamento de polinização cruzada manual foram superiores aos valores de vingamento da polinização aberta, diz-se que a espécie apresenta deficit de polinização. Valores negativos serão considerados como ausência de deficit de polinização.

3.1.2.6 VISITANTES FLORAIS

A frequência de visitas foi registrada em flores presentes em um campo visual de um metro linear, durante 15 min por hora, das 6:00 às 18:00, em 7 dias não consecutivos, totalizando 48 horas de registros. O comportamento dos visitantes florais foi verificado através de observações focais. Os visitantes florais que contataram as estruturas reprodutivas das flores foram considerados polinizadores (ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2016). Visitantes florais foram capturados com rede entomológica, montados, identificados e depositados no MCT-PUCRS.

3.1.2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados do tamanho das peças florais e os resultados obtidos nos tratamentos de polinização e do tratamento controle foram submetidos a uma análise de variância e as médias de suas variáveis foram comparadas pelo teste estatístico de Tukey e Skott Knott, respectivamente, a nível de significância de 5%, devido ao número de repetições, e para dar mais constância aos dados optou-se por testes de comparação de médias diferentes. Os dados de deiscência das anteras foram concentrados na média das repetições a cada quatro horas. Estas análises foram feitas com o auxílio do Software R®. O número total de visitantes florais por hora também foi submetido a uma análise de variância e as médias comparadas pelo teste estatístico de Skott Knott a nível de significância de 5%.

3.1.3 RESULTADOS

3.1.3.1 MORFOLOGIA E BIOLOGIA FLORAL

Physalis peruviana possui flor pêndula com corola amarela, pentâmera, gamopétala (Fig. 4 A), e apresenta pólen e néctar como recurso. O androceu é isostêmone e as anteras são rimosas (Fig. 4 B, seta). O néctar é produzido em uma câmara nectarífera formada pelo estreitamento da base da corola (Fig. 4 A, colchete). A presença de néctar é sinalizada por um guia de cor vinho na base de cada pétala (Fig. 4 C, asterisco), cujo acesso é restringido pela inserção dos filetes sobre as pétalas (Fig. 4 C, seta branca) e por tricomas presentes na parede interna da corola (Fig. 4 C, triângulo). A passagem para alcançar o néctar é feita por uma estreita área sem tricomas no centro da região inferior de cada pétala (Fig. 4 C, seta vazada).

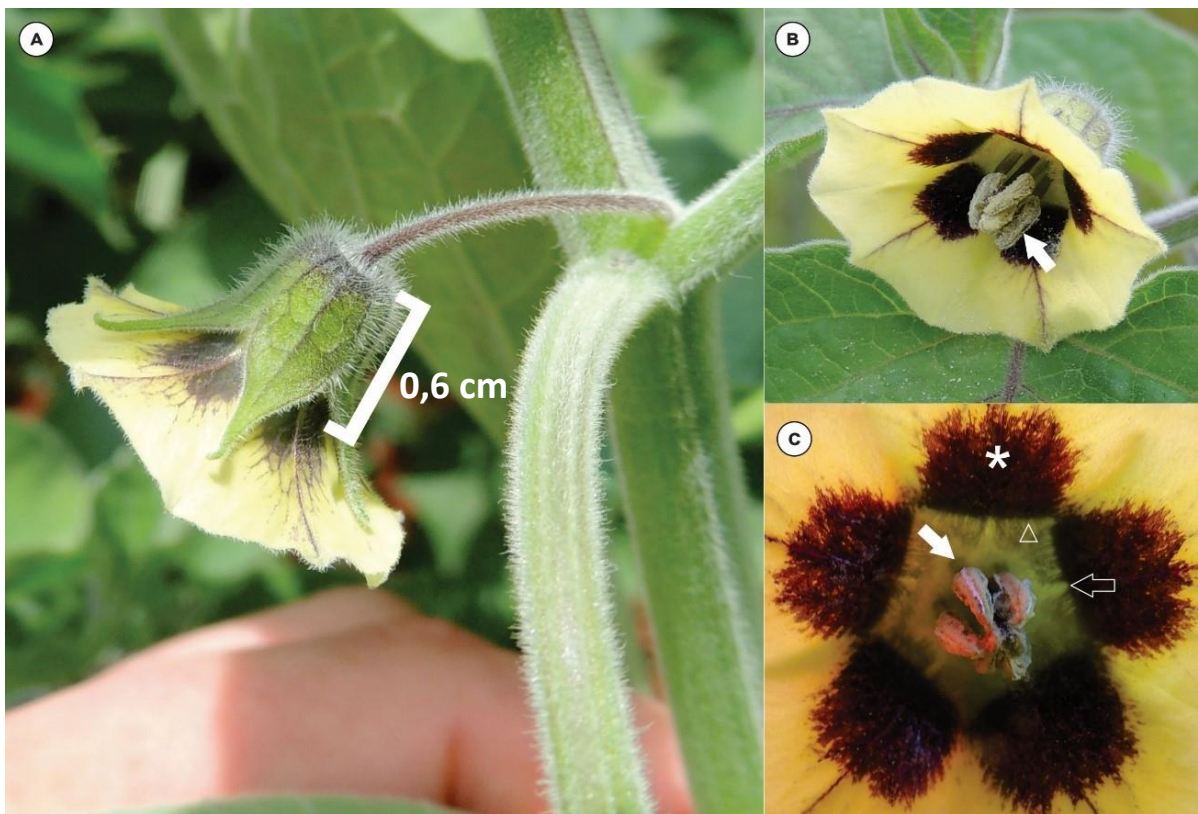


Figura 4 - Flor de *P. peruviana*. A. Flor em posição pêndula e região da câmara nectarífera (colchete). B. Anteras com deiscência rimosas (seta). C. Guias de néctar na base das pétalas (asterisco), filetes epipétalos (seta branca), tricomas (triângulo) e estreita área onde os mesmos estão ausentes (seta vazada).

As flores de *P. peruviana* duram três dias e são protogínicas. O estigma esteve receptivo da abertura da flor até o colapso das pétalas no terceiro dia de antese. No primeiro dia de antese floral, às flores iniciam a abertura em torno das 6:00h (Fig. 5 A), entre 8:00 e 10:00h (Fig. 5 B) a corola está totalmente aberta. A abertura das anteras é gradual, iniciando a abertura em torno das 10:00, às 14:00h

sempre já ocorrem, pelo menos duas anteras abertas (Fig. 5 B, C). A corola inicia o fechamento por volta das 17:00h, fechando por completo às 18:00h (Fig. 5 D). No segundo dia a corola inicia a abertura em torno das 6:00h (Fig. 5 E), está totalmente aberta a partir das 8:00, tal como às 10:00h (Fig. 5 F) e 14:00 (Fig. 5 G), inicia o fechamento por volta das 18:00h (Fig. 5 H). No segundo dia de antese todas as anteras encontram-se deiscentes (Fig. 5 F, G). No terceiro dia a abertura da corola também ocorre em torno das 6:00h (Fig. 5 I). Entretanto, não atinge sua máxima abertura (Fig. 5 J), já iniciando o fechamento a partir das 14:00h (Fig. 5 K), e o colapso por volta das 18:00h (Fig. 5 L).

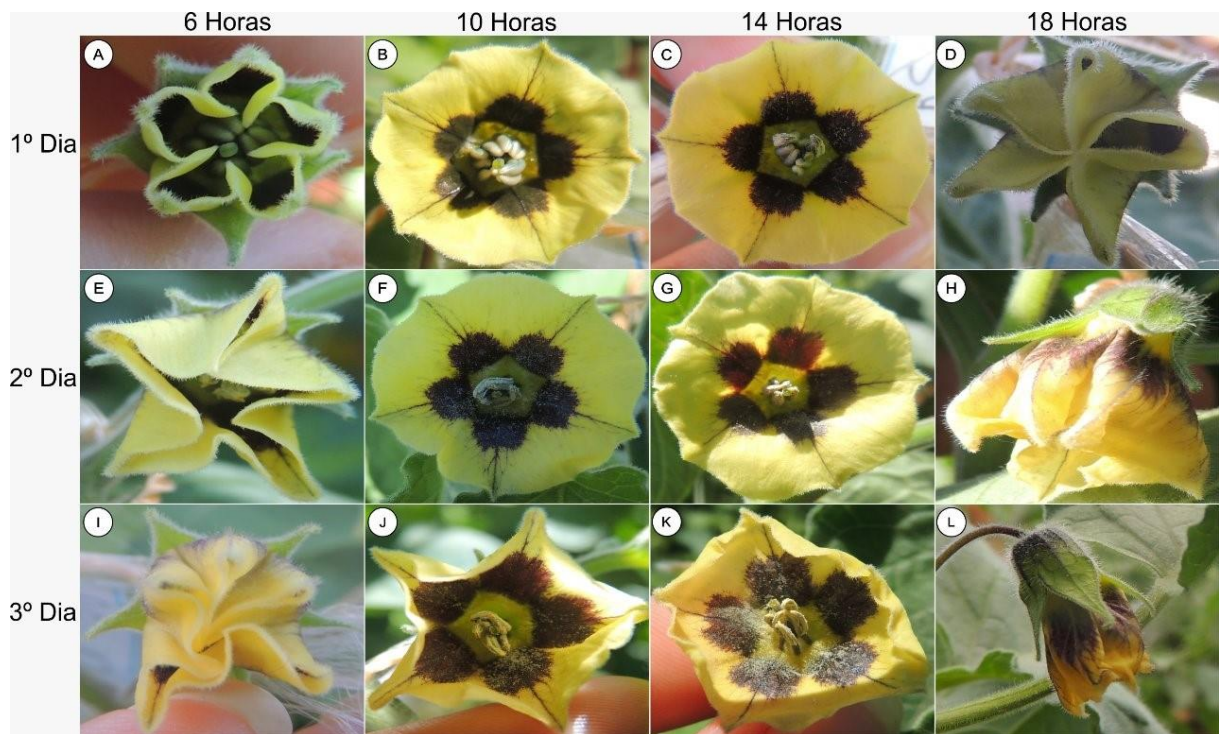


Figura 5 - A-L. Fases da antese floral de *P. peruviana* ao longo de três dias consecutivos, no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. N=126 flores/dia.

Durante a antese foi verificada mudanças no comprimento do pedicelo e no tamanho dos verticilos florais. O pedicelo cresceu gradativamente com diferença de comprimento significativa entre o primeiro e terceiro dia (Fig. 6 A), o cálice manteve-se sem alteração significativa no diâmetro (Fig. 6 B), enquanto que a corola alcançou seu diâmetro máximo no segundo dia, diminuindo significativamente no terceiro (Fig. 6 C), quando iniciou a senescência. Os estames com anteras abertas e fechadas apresentaram diferença significativa no comprimento entre o primeiro e

segundo dia de antese, sendo o crescimento interrompido no terceiro (Fig. 6 D), momento que cessam o crescimento e atingem tamanho semelhante com todas as anteras abertas. Os estames com anteras fechadas apresentaram diferença significativa no comprimento entre o primeiro e segundo dia, no terceiro dia não foram registradas anteras fechadas (Fig. 6 E). O comprimento do estilete não variou significativamente ao longo da antese (Fig. 6 F).

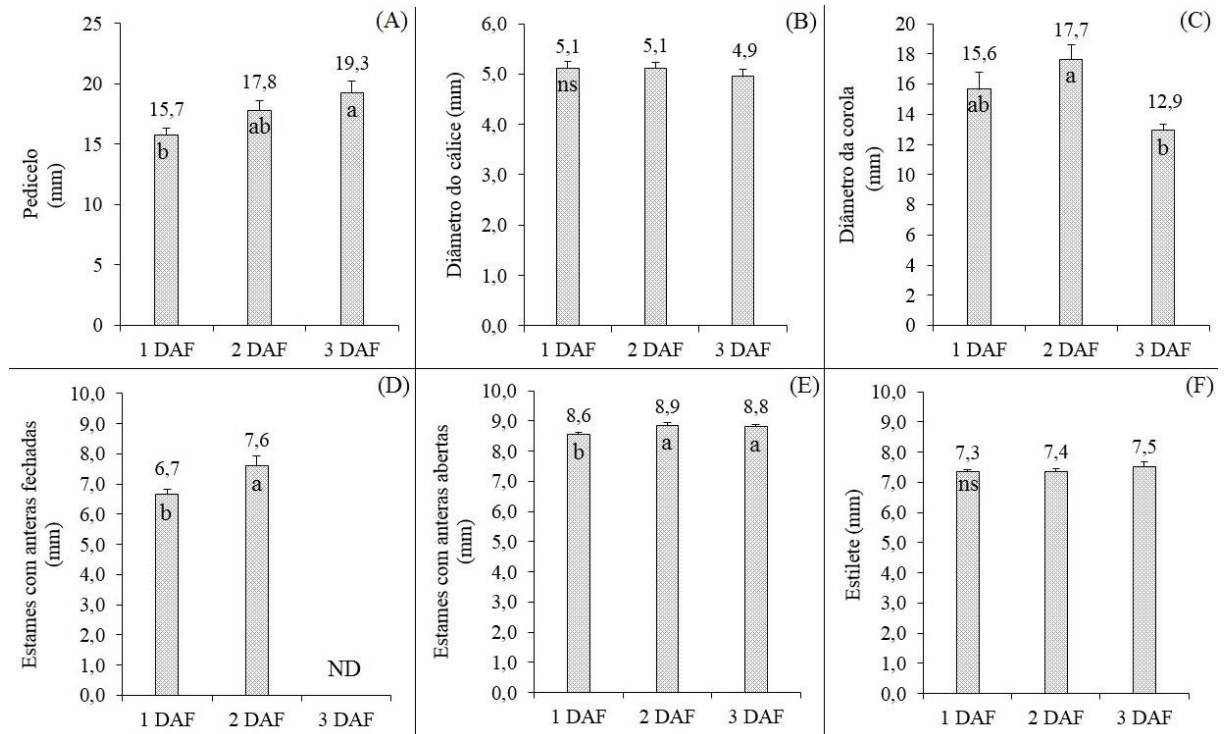


Figura 6 - Médias das medidas dos atributos florais de *P. peruviana* durante três dias de antese floral (DAF), no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. Valores com diferentes letras minúsculas diferem entre si na coluna pelo Teste de Tukey a 5%. *ND = não estimado. N= 42 flores/dia.

As anteras abriram sequencialmente ao longo de dois dias. No primeiro dia a média de anteras abertas foi 3,0 (Fig. 7), no segundo dia, a partir das 14:00, quase a totalidade das anteras encontram-se deiscentes (4,8-4,9), ao passo que no terceiro dia todas estavam abertas (Fig. 7). O estigma esteve receptivo da abertura da flor até o colapso das pétalas no terceiro dia de antese.

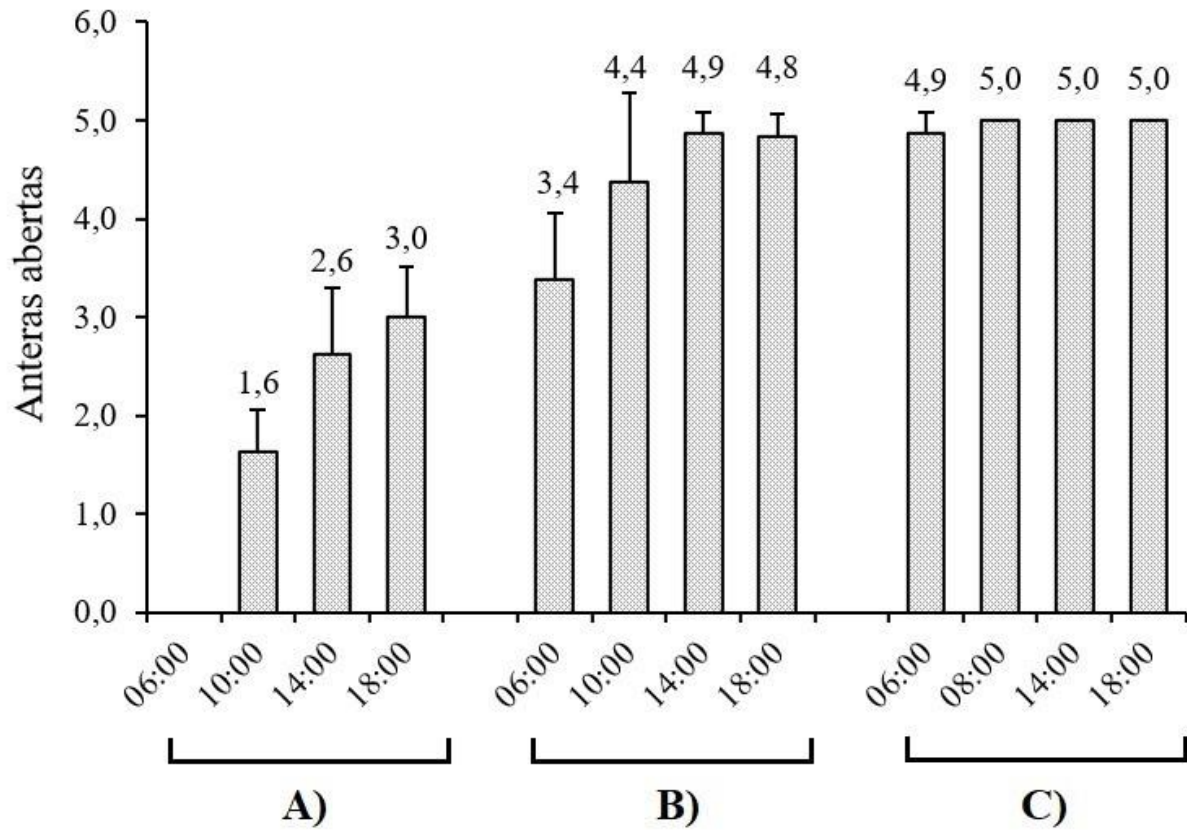


Figura 7 - Número médio de anteras abertas por flor ao longo de três dias de antese, no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. N= 126 flores/dia.

A produção e concentração de néctar acumulado não variaram significativamente entre primeiro e segundo dia da antese, no entanto, valores significativos foram registrados entre o primeiro e terceiro dia (Tab. 2). O volume de néctar disponível foi em torno de 10% do acumulado e praticamente constante durante os três dias da antese (0,1-0,2 microlitros) (Tab. 2).

Tabela 2 - Volume e concentração de néctar ao longo dos três dias de antese, no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. N= 14 flores/dia, NE= não estimado. valores com diferentes letras diferem entre si pelo teste de scott-knot a 5% de probabilidade de erro.

Dia de amostragem	Néctar acumulado		Néctar disponível	
	Volume (microlitros)	Concentração °Brix	Volume (microlitros)	Concentração °Brix
Primeiro	1,8 a	22,9 a	0,2	NE
Segundo	1,4 ab	21,6ab	0,2	NE
Terceiro	0,9 b	20,5b	0,1	NE

valores com diferentes letras diferem entre si pelo teste de scott-knot a 5% de probabilidade de erro.

3.1.3.2 SUCESSO REPRODUTIVO

O índice de autocompatibilidade de *P. peruviana* foi de 0,83, mas o sucesso reprodutivo da espécie foi superior no tratamento de polinização cruzada (72,92%) e no tratamento controle (88,46%) (Tab. 3). Nos tratamentos de autopolinização os índices de formação de fruto foram semelhantes (Tab. 3). No entanto, se obteve o menor índice na autopolinização espontânea, evidenciando que a transferência de pólen é favorecida com o manuseio das estruturas reprodutivas. O índice de dependência de polinizadores foi de 38,70 e não foi registrado deficit de polinização (-17,99).

Tabela 3 - Sucesso reprodutivo dos tratamentos de polinização em *P. peruviana*, no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Tratamentos		Flores (n)	Frutos formados (%)
Autopolinização espontânea		88	55,68
Autopolinização manual		90	66,67
Geitonogamia		28	60,71
Polinização manual	cruzada	96	72,92
Polinização manual	cruzada em flores emasculadas	89	37,08
Controle		26	88,46

As variáveis das características do fruto (massa, diâmetro, altura e número de sementes) foram significativamente superiores nos tratamentos de polinização cruzada manual e controle, quando comparadas com os demais tratamentos de polinização (Tab. 4).

Tabela 4 - Efeito dos tratamentos de polinização sobre características do fruto de *P. peruviana*, no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Tratamentos	Frutos			
	Massa média	Diâmetro médio (mm)	Altura média (mm)	Número médio de sementes
Autopolinização espontânea (N= 21)	1,7 ± 0,2 b	14,1 ± 0,6 b	13,9 ± 0,7 b	104,1 ± 16,7 b
Autopolinização manual (N= 16)	1,9 ± 0,1 b	14,8 ± 0,4 a	14,2 ± 0,4 b	120,6 ± 8,9 b
Polinização cruzada manual (N= 34)	2,1 ± 0,1 a	15,3 ± 0,3 a	14,9 ± 0,3 a	138,5 ± 8,8 a
Polinização cruzada manual flores emasculadas (N= 11)	1,5 ± 0,3 b	13,4 ± 0,9 b	13,2 ± 0,8 b	113,5 ± 23,2 b
Controle (N= 38)	2,3 ± 0,2 a	15,8 ± 0,4 a	15,3 ± 0,4 a	142,7 ± 8,6 a

Valores seguidos da mesma letra não diferiram entre si pelo teste estatístico de Skott Knott a nível de significância de 5%.

3.1.3.3 VISITANTES FLORAIS E POLINIZADORES

Foram registrados 2338 indivíduos de visitantes florais em *P. peruviana*, representantes de seis espécies de abelhas. *Apis mellifera* foi o visitante mais frequente, com 98,46% das visitas (Tab. 5).

Tabela 5 - Visitantes florais registrados nas flores de *P. peruviana*, no período de estudo, em Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. 48 horas de observação focal.

Família	Espécies	Número de indivíduos	Frequência relativa (%)
Apidade			
	<i>Apis mellifera</i>	2302	98,46
Outra(s)			
	<i>Exomalopsis</i> sp.	17	0,73
	<i>Tetragonisca angustula</i>	7	0,30
	<i>Dialictus</i> sp.	1	0,04
	<i>Halictidae</i> sp.1	2	0,09
	<i>Halictidae</i> sp.2	9	0,38
Total		2338	100 %

As visitas de abelhas nas flores de *P. peruviana* iniciaram a partir das 8:00 e se estenderam até o final do dia (Fig. 8). A frequência de visitas aumenta gradativamente ao longo do dia, com pico de visitação entre 12:15 e 13:30, diminuindo nas horas posteriores e cessando completamente com o fechamento da corola no final do dia (Fig. 8). Foi registrada diferença significativa na taxa de visitação entre os horários.

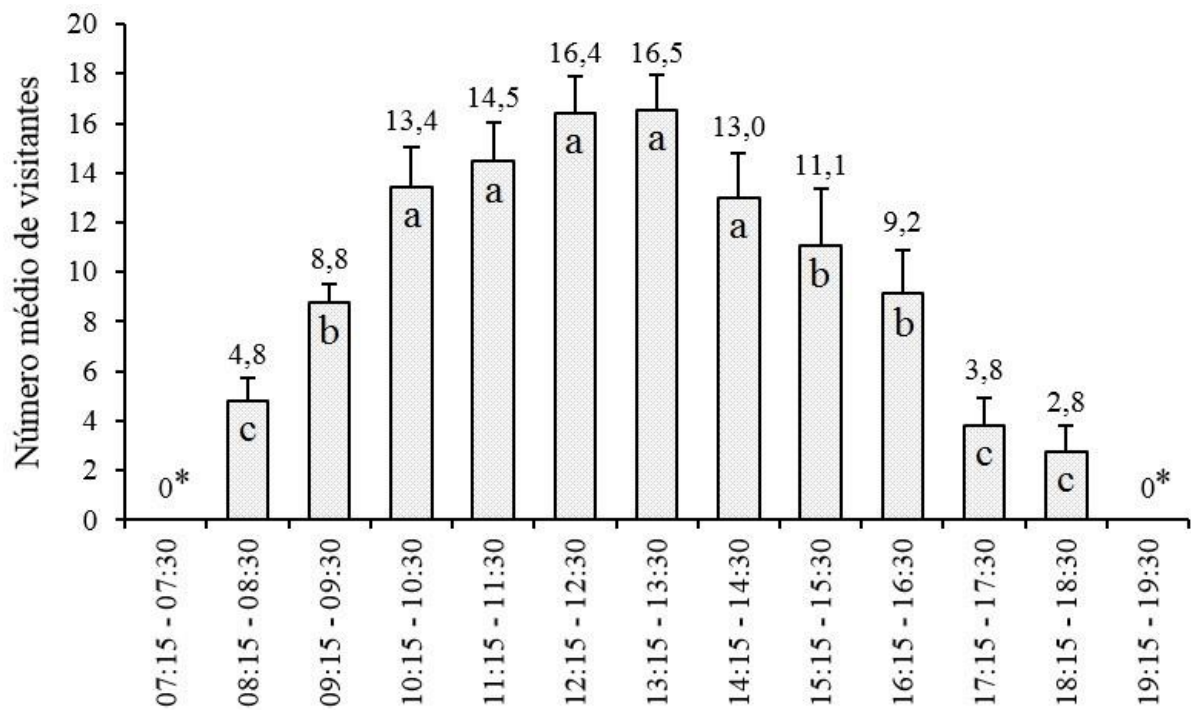


Figura 8 - Número médio de visitantes florais em *P. peruviana*, no período de estudo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. Valores com diferentes letras diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade de erro. Tempo de observação 48 horas.

Durante as visitas às flores de *P. peruviana* a abelha *A. mellifera* pousa sobre as anteras e agarrando-se a elas gira em torno da carola para tomar néctar (Fig. 9. A, B). O néctar é o recurso primário para esta abelha, não foi observada coleta ativa de pólen. Durante a tomada de néctar a abelha suja a região inferior do tórax com pólen e como o estigma fica junto das anteras (Fig. 9. A, seta), contata sua superfície com a região torácica em todas as visitas às flores. *Dialictus* sp. (Fig. 9. C, D) e *Exomalopsis* sp. visitaram as flores para tomar néctar e também para coletar pólen. *Exomalopsis* sp. coletou pólen por vibração. *Tetragonisca angustula* e *Halictidae* spp. utilizaram apenas o pólen que foi coletado diretamente das anteras. Com exceção de *A. mellifera*, as demais abelhas contataram eventualmente o estigma durante as visitas, devido ao pequeno tamanho do corpo.

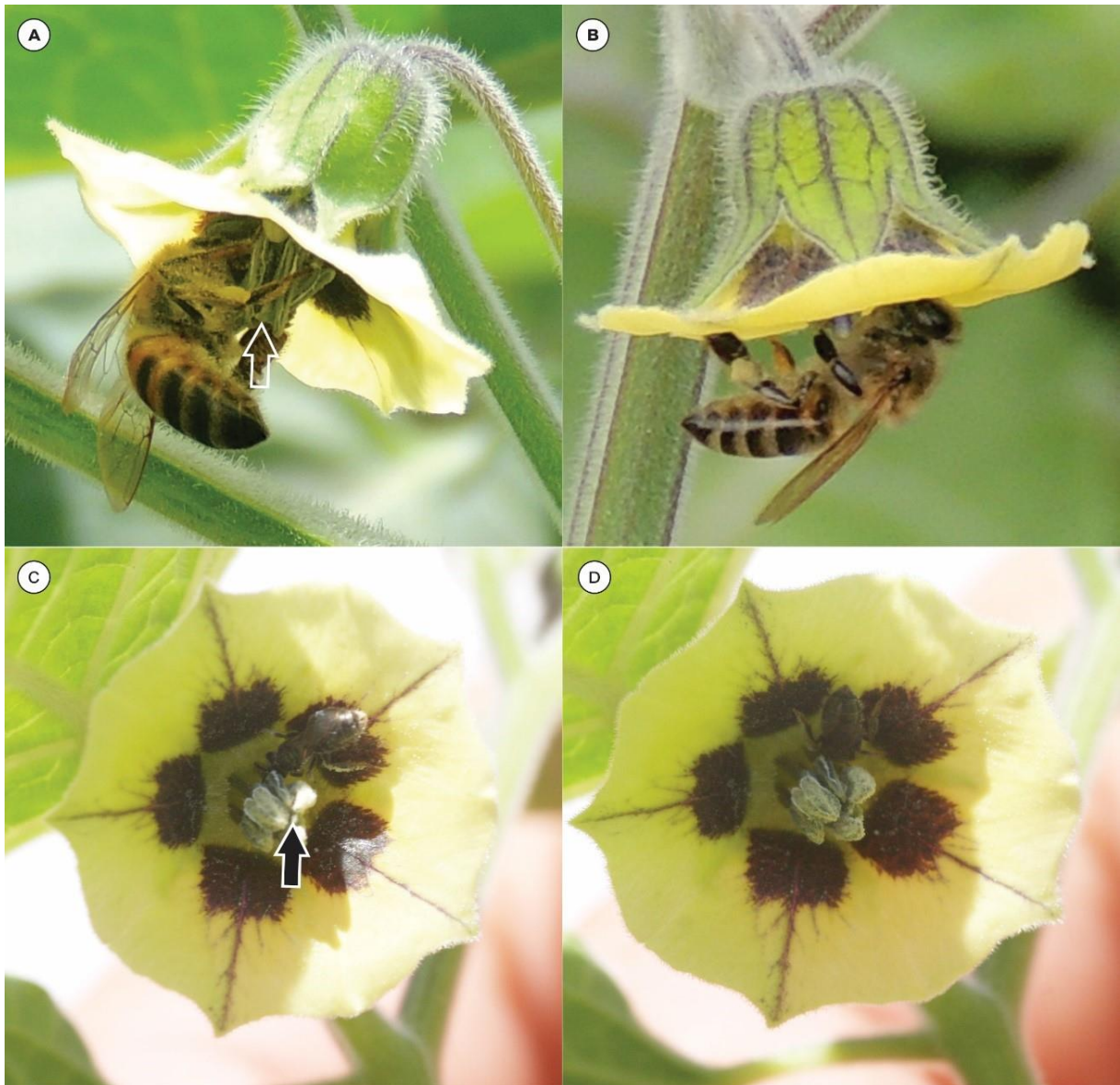


FIGURA 9 - Visitantes florais de *P. peruviana*. A-B. *A. mellifera* agarrada nas anteras para realizar movimentos circulares sobre a corola e tomar néctar das flores. C-D. *Dialictus* sp. tomando néctar das flores, note o estigma entre as anteras (seta).

3.1.4 DISCUSSÃO

3.1.4.1 BIOLOGIA FLORAL E SUCESSO REPRODUTIVO

Nas flores hermafroditas e que recebem visitas de polinizadores, para que a polinização seja bem-sucedida, as anteras e os estigmas devem ser apresentados em posição semelhante dentro da flor, de modo que a mesma parte do corpo de um polinizador entre em contato com pólen e o estigma. Porém, se pólen e estigmas forem colocados no mesmo local e estiverem simultaneamente maduros em uma

flor, eles provavelmente resultarão em autopolinização (LLOYD e WEBB, 1986). Em virtude disso, espécies vegetais desenvolveram diferenças morfológicas nas flores e estratégias fenológicas que lhes possibilitam contornar essas situações. Variações de hercogamia e dicogamia (separação espacial e temporal entre a apresentação do pólen e a receptividade do estigma, respectivamente) modificam a maneira de exportação de pólen e a taxa de autofecundação (BARRETT, 2002).

O estigma de *P. peruviana* encontra-se receptivo antes da deiscência das anteras, o que caracteriza dicogamia do tipo protoginia (LLOYD e WEBB 1986, ver ÇETINBAS e UNAL, 2014 para outras subdivisões). As primeiras visitas dos polinizadores às flores de *P. peruviana* ocorrem em torno de uma hora antes do início da deiscência das anteras. Além disso, a antese floral dura três dias, e os indivíduos da população apresentam flores em fases distintas, ou seja, flores de primeiro, segundo e terceiro dia de antese. Deste modo, tanto a protoginia quanto as diferentes fases de anteses das flores na população, podem contribuir para maximizar a reprodução por polinização cruzada.

O papel dos polinizadores é de fundamental importância para espécies que exibem funcionalidade das estruturas reprodutivas em diferentes momentos, como na dicogamia. De fato, em *P. peruviana* foi registrado maior sucesso reprodutivo em flores visitadas por abelhas. Por outro lado, a protoginia nesta espécie é do tipo incompleta (ÇETINBAS e UNAL, 2014), ou seja, a deiscência das anteras e receptividade dos estigmas se sobrepõe por algum tempo (LLOYD e WEBB 1986). Neste caso, as taxas de autofertilização podem aumentar, quando comparadas as situações onde não ocorre sincronia entre as funções sexuais (ÇETINBAS e UNAL, 2014). Ainda assim, neste estudo, o sucesso reprodutivo de *P. peruviana* foi superior nas flores que receberam autopolinização manual, quando comparadas as flores de autopolinização espontânea, sugerindo que de modo espontâneo a deposição de autopólen não é tão eficiente, e neste caso, as visitas de abelhas nesta espécie também podem contribuir para melhorar as taxas de autofertilização.

Por outro lado, a proximidade espacial entre anteras e estigma com a separação temporal entre suas funções, permite a deposição de pólen da própria flor e a fertilização oportuna quando os órgãos férteis se tornam maduros e não ocorre a visita de polinizadores (LANKINEN e KIBOI, 2007). Além disso, essa proximidade entre as funções sexuais também pode favorecer a polinização quando os polinizadores são ineficientes ou não especializados, já que uma única visita é necessária para realizar inclusive a autopolinização facilitada dentro da flor

(ANDERSON et al., 2003), ou seja, a planta permite autopolinização para persistência da espécie, porém utiliza a polinização cruzada como estratégia a longo prazo para diversidade genética.

Embora a interação planta-polinizador seja considerada mutualística, o custo-benefício para ambos é medido por interesses distintos. O forrageamento de abelhas para coleta de pólen, por exemplo, pode potencialmente afetar o sucesso reprodutivo das plantas, uma vez que o pólen coletado para alimento larval é perdido para a reprodução sexual (WESTERKAMP, 1996, 1997; TONG e HUANG, 2017), gerando um conflito para a planta, que é conhecido como “dilema do pólen” (HARDER e THOMSON 1989; LUO et al., 2009; LUNAU et al., 2014). Do mesmo modo, se a flor oferecer grandes quantidades de néctar o visitante pode deixar de fazer vistas em mais flores. Logo, as plantas precisam ajustar os recursos. A forma com que esses recursos estão alocados e disponibilizados na flor interfere no comportamento do animal durante a visita e determina o acesso ao recurso e o sucesso reprodutivo da planta (SOLÍS-MONTERO e VALLEJO-MARÍN, 2017).

Para maximizar o sucesso reprodutivo, as plantas podem evoluir com estratégias graduais de apresentação de pólen que limitam a quantidade de pólen removida da flor durante a visita de um polinizador (THOMSON, 2006). A deiscência das anteras de *P. peruviana* é assincrônica, a abertura total ocorre ao longo de dois dias. Além disso, a flor oferece néctar, em pequenas quantidades, ao longo de todo o seu tempo de vida. Este modo de apresentação de recursos das flores de *P. peruviana* pode assegurar a locomoção dos polinizadores entre o máximo de flores possível e, conseqüentemente, favorecer a polinização e a reprodução desta espécie.

Embora a morfologia floral de *P. peruviana* permita a autopolinização a dependência por polinizadores para reprodução foi cerca de 40%. Ainda, neste estudo a polinização por abelhas foi responsável por um aumento de 17,24% na produção de frutos, quando comparado a autopolinização espontânea, e considerando-se que a formação de frutos por autopolinização manual também foi superior em relação a autopolinização espontânea, conclui-se a visitação de abelhas pode favorecer o sucesso reprodutivo de *P. peruviana* tanto por polinização cruzada como por autopolinização. No estudo de Lagos *et. al* (2008), foi registrado maior porcentagem de frutos formados no tratamento de autopolinização espontânea, com 77,20% dos frutos formados quando comparado ao tratamento de livre polinização com 20% dos frutos formados. No entanto, os autores sugerem que este resultado

se deu pela baixa densidade de polinizadores na área do estudo.

Em *P. peruviana*, a visita dos polinizadores proporcionou incremento significativo na qualidade dos frutos, com aumento de 29,42% na massa média, 10,23% no diâmetro equatorial e 35,06% no número de sementes dos frutos quando comparado ao tratamento de autopolinização espontânea. Em situação de suplementação de polinizadores em *P. peruviana*, utilizando colmeias de *A. mellifera*, Chautá-Mellizo *et al.* (2012) verificaram aumento de 13,35% no diâmetro equatorial, 30,37% na massa e de 7% no número de sementes dos frutos, quando comparados ao tratamento de autopolinização espontânea. Isto indica, que em um sistema de cultivo, a produtividade desta cultura pode ser incrementada significativamente com manejo de polinizadores.

Aumento na qualidade de frutos formados em solanáceas autogâmicas de interesse econômico também foi verificado na cultura do pimentão (*Capsicum annuum*), da berinjela (*Solanum melongena*), e do tomate (*Solanum lycopersicum*), resultando frutos maiores, quando as flores foram visitadas por abelhas (ROSELINO *et al.*, 2010; BARTELLI e NOGUEIRA-FERREIRA, 2014; DEPRÁ *et al.*, 2014; SANTOS, *et al.*, 2014; SILVA, 2015; AMIN, *et al.*, 2019). Na cultura do tomateiro, Silva-Neto *et al.* (2013) registraram maior número de grão de pólen no estigma de flores visitadas por abelhas em relação as flores cuja visitação foi impedida. Segundo os autores, flores visitadas por abelhas produziram frutos maiores (9,72%), mais pesados (50,21%) e com número de sementes superior (208,52%) em relação tratamento com exclusão de visitas, sendo registrada correlação positiva entre o peso dos frutos e o número de sementes formadas. Isto evidencia que o incremento na produção, em termos qualitativos, pode estar relacionado a uma adequada deposição de pólen do estigma através de visitas de polinizadores, o que promoverá maior número de sementes formadas, maiores medidas e peso dos frutos.

3.1.4.2 VISITANTES FLORAIS E POLINIZADORES

Na área de estudo, quase a totalidade das visitas às flores de *P. peruviana* foram feitas por *A. mellifera*, ao passo que apenas 1,54% foram feitas por outras espécies de abelhas. Em trabalhos realizados na Colômbia, *A. mellifera* também foi o visitante floral mais abundante nas flores desta espécie de fisális (MOSQUEIRA, 2002; RODRIGUEZ, 2006), sendo novamente o visitante mais abundante em flores

de *Physalis angulata*, espécie nativa do Brasil, em um estudo realizado na Bahia (CHAVES, 2017). *A. mellifera* contactou as anteras e estigma das flores de *P. peruviana* em todas as visitas, e devido a sua alta abundância foi o principal polinizador. Também foi considerada o principal polinizador nos trabalhos realizados na Colômbia (MOSQUEIRA, 2002; RODRIGUEZ, 2006) e na Bahia (CHAVES, 2017).

A. mellifera é considerada uma abelha generalista, com habilidade para visitar as flores de diversas espécies de angiospermas, cuja semelhança na morfologia floral está no fato de apresentarem flores abertas e recursos florais acessíveis. Várias culturas agrícolas possuem esta morfologia floral, e considerando-se a forte presença nas regiões rurais e o fato de suas colmeias serem formadas por milhares de indivíduos, esta abelha está associada a muitas culturas relacionadas a produção de alimento no Brasil. Segundo dados de BPBES/REBIPP (2019), dentre 191 espécies vegetais relacionadas à produção de alimentos no Brasil, *A. mellifera* foi registrada em 86 cultivos, sendo potencial polinizadora de 28,34% destes. Esta abelha foi registrada como polinizador mais abundante em culturas de grande importância econômica, como soja (MILFONT, 2013), laranja (MALERBO-SOUZA e HALAK, 2013), café (THOMAS e KEVAN, 2012), maçã (VIANA *et al.*, 2014), canola (BLOCHTEIN *et al.*, 2014) e algodão (PIRES *et al.*, 2014), sendo um importante elemento para a produtividades destas espécies.

Embora a área de estudo esteja localizada nas adjacências de fragmentos de mata nativa, no período de estudo, a riqueza de visitantes florais nas flores de *P. peruviana* foi baixa. Dados de vários estudos com culturas agrícolas, tais como o café (DE MARCO e COELHO 2004, PIRES *et al.*, 2014, HIPOLITO *et al.*, 2018), a canola (MORANDIN e WINSTON, 2005) e a manga (CARVALHEIRO *et al.*, 2010) mostram que a diversidade de visitantes florais nestas culturas é positivamente relacionada com a distância entre as lavouras e/ou unidade amostral na lavoura e fragmentos de vegetação nativa. Considerando-se este aspecto era esperado maior riqueza de espécies de abelhas na área de estudo. Segundo Garibaldi *et al.* (2014), os pesticidas podem influenciar fortemente a composição, riqueza e abundância de abelhas. As áreas particulares com monoculturas de soja, milho e trigo, nas adjacências da área do estudo, são manejadas de forma tradicional com aporte de agrotóxicos. Logo há possibilidade de que a baixa riqueza de abelhas esteja relacionada a este fator.

O comportamento dominante da abelha *A. mellifera* com relação aos outros visitantes florais pode, também, ter influenciado na baixa riqueza de abelhas na área de estudo. Dupont *et al.* (2004) relatou baixa diversidade de polinizadores nativos na presença de *A. mellifera*, enquanto Thomsom (2004) descreveu que o comportamento antagonístico de *A. mellifera* sobre a abelha nativa *Bombus occidentali* provoca queda no forrageamento e na reprodução desta espécie. Sabe-se que as abelhas *A. mellifera* deslocam espécies menores das flores através de contato físico (GROSS e MACKAY, 1998). No entanto, a maioria dos autores concorda que as abelhas não são particularmente agressivas com outros insetos durante o forrageamento, de modo que os impactos sobre outras espécies ocorrem principalmente através da competição exploratória (THORP, 1987; ROUBIK, 1991, 2009; MENEZES, 2007, CARNEIRO e MARTINZ, 2012). Além disso, na área de estudo indivíduos de *A. mellifera* foram registrados forrageando desde os primeiros horários da manhã, reduzindo a disponibilidade de recurso para outros visitantes florais, causando, provavelmente, o desinteresse dos mesmos às flores.

A riqueza de visitantes florais é positivamente relacionada a produtividade das culturas, isto foi registrado por exemplo, em cultivos de algodão (PIRES *et al.*, 2014), canola (WITTER, 2014 e 2015), maçã (VIANA, 2015) e morango (CASTLE *et al.*, 2019). Levando em consideração estes estudos pode-se supor que se a diversidade de polinizadores fosse maior no cultivo de *P. peruviana* na área de estudo, o sucesso reprodutivo poderia ser ainda maior. Porém, para algumas plantas polinizadas por *A. mellifera*, a riqueza de abelhas pode não ser determinante para o sucesso reprodutivo, visto que pode não haver diferença na eficiência de polinização desta abelha e polinizadores nativos, tal como descrito por Maruyama *et al.* (2018) nos testes comparativos feitos em *Aspilia jolyana* (Asteraceae). Associado a isto, a deficit de polinização em *P. peruviana* foi negativo indicando que performance de *A. mellifera* como polinizadora foi suficiente para garantir as taxas de sucesso reprodutivo verificadas. Conforme já mencionados em outros trabalhos (OLLERTON, 2017; KLEIN *et al.*, 2007; BPBES/REBIPP, 2019) as abelhas são extremamente importantes para reprodução das plantas e o serviço de polinização prestado por estes insetos é essencial para manutenção do equilíbrio de ecossistemas naturais e agrícolas.

3.1.5 CONCLUSÃO

Physalis peruviana possui estratégias de oferta de recursos florais e dicogamia no decorrer da antese, que dura três dias. As anteras se abrem gradativamente durante os dois primeiros dias e há disponibilidade de néctar durante toda a antese. Além do modo de oferta de recursos, a espécie é protogínica, estratégia que favorece a polinização cruzada. O principal polinizador na área de estudo foi *A. mellifera*, pelo fato de ser o visitante mais abundante e tocar a estruturas reprodutivas da flor em todas as visitas. Embora *P. peruviana* produza frutos sem polinizadores, o menor sucesso reprodutivo da espécie foi verificado nos frutos resultantes de autopolinização espontânea. Os frutos provenientes do tratamento de polinização cruzada e controle tiveram os melhores resultados na questão qualidade e número de frutos formados, quando comparados aos tratamentos de autopolinização. Mesmo sendo uma planta autocompatível, *P. peruviana* possui estratégias que favorecem a polinização cruzada e que promovem incremento na produção e qualidade dos frutos.

REFERÊNCIAS

- Agostini K, Lopes AV & Machado IC (2014) Recursos florais. In: Rech, A. R. et al. (org.) *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, Pp. 129-150.
- Albrecht, M. et al. (2012) Diverse pollinator communities enhance plant reproductive success. *Proceedings of the Royal Society B* 279: 4845-4852.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM & Sparovek G (2013) Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711-728.
- Alves-dos-Santos I, Silva CI, Pinheiro M, Kleinert AMP (2016) Quando um visitante floral é um polinizador? *Rodriguésia* 67: 295-307.
- Amin M, Miah M, Rahman H, Nancy N & Bhuiyan M (2019) Role of insect pollinators and pests on the yield and seed quality of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Bangladesh Journal of Agricultural Research* 44: 103-113.
- Anderson B, Midgley JJ, Stewart BA (2003) Facilitated selfing offers reproductive assurance: A mutualism between a hemipteran and carnivorous plant. *American Journal of Botany* 90: 1009–1015.
- Barônio GJ, Maciel AA, Oliveira AC, Kobal ROAC, Meireles DAL, Brito VLG & Rech AR (2016) Plantas, polinizadores e algumas articulações da biologia da polinização com a teoria ecológica. *Rodriguésia* 67: 275-293.
- Barrett SC (2002) The evolution of plant sexual diversity. *Nature Reviews Genetics* 3: 274– 284.
- Bartelli BF & Nogueira-Ferreira FH (2014) Pollination services provided by *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in greenhouses with *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). *Sociobiology* 61: 510–516.
- Bawa KS (1980) Evolution of dioecy in flowering plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 11: 15–39.
- Bertin RI (1993) Incidence of monoecy and dichogamy in relation to self-fertilization in angiosperms. *American Journal of Botany* 80: 557–560.

Bertin RI & Newman CM (1993). Dichogamy in angiosperms. *The Botanical Review* 59: 112–152.

Blochtein B, Nunes-Silva P, Halinski R, Lopes LA & Witter S (2014) Comparative study of the floral biology and of the response of productivity to insect visitation in two rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in Rio Grande do Sul. *Brazilian Journal of Biology* 74: 787-794.

BPBES/REBIPP. Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. Wolowski M, Agostini K, Rech RA, Varassin IG, Maués M, Freitas L Carneiro LT, Bueno RO, Consolaro H, Carvalheiro L, Saraiva AM, Silva CI & Padgurschi MCG (Org.). 1ª edição, São Carlos, SP: Editora Cubo. 2019, 184p.

Carvalheiro LG, Seymour CL, Veldtman R & Nicolson SW (2010), Pollination services decline with distance from natural habitat even in biodiversity-rich areas. *Journal of Applied Ecology* 47: 810-820.

Carneiro LT & Martins CF (2012). Africanized honey bees pollinate and preempt the pollen of *Spondias mombin* (Anacardiaceae) flowers. *Apidologie*, 43: 474-486.

Castle D, Grass I & Westphal C (2019). Fruit quantity and quality of strawberries benefit from enhanced pollinator abundance at hedgerows in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 275: 14–22.

Chautá-Mellizo A, Campbell AS, Bonilla MA, Thaler JS & Poveda K (2012) Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality, *Basic and Applied Ecology* 13: 524–532.

Chaves MC (2017) Mecanismos reprodutivos em *Physalis angulata* L. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana. 63 p.

Çetinbaş A & Ünal M (2014) An overview of dichogamy in angiosperms. *Research in Plant Biology* 4: 09-27.

Chiari WC, Toledo VAA, Hoffmann-Campo CB, Rúvolo-Takasusuki MCC, Toledo TCS, Lopes TS (2008) Polinização por *Apis mellifera* em soja transgênica [*Glycine*

max (L.) Merrill] Roundup Ready™ cv. BRS 245 RR e convencional cv. BRS 133. *Acta Scientiarum Agronomy* 30:267-271.

Dafni A (1992) *Pollination ecology - A practical approach*. Oxford University Press.

De Marco P & Coelho FM (2004) Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation* 13: 1245-1255.

Deprá MS, Delaqua GCG, Freitas L & Gaglianone MC (2014) Pollination déficit in open-field tomato crops (*Solanum Lycopersicum* L., solanaceae) in rio de Janeiro state, southeast Brazil. *Journal of Pollination Ecology* 12: 1-8.

Dobson HEM (1987) Role of flower and pollen aromas in host-plant recognition by solitary bees. *Oecologia* 72: 618-623

Dupont YL, Hansen DM, Valido A & Olesen J M. (2004). Impact of introduced honey bees on native pollination interactions of the endemic *Echium wildpretii* (Boraginaceae) on Tenerife, Canary Islands. *Biological Conservation*, 118 :301–311.

Faegri K & Van Der Pijl L (1979) *The Principles of Pollination Ecology*. Third Revised Edition Oxford, New York: Pergamon Press 244p.

Fischer G, Almanza PJ & Miranda D (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 36: 1-15.

Garibaldi LA, Carvalheiro LG, Leonhardt SD, Aizen MA, Blaauw BR, Isaacs R & Morandin L (2014). From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12: 439-447.

Garibaldi LA, Carvalheiro LG, Vaissière BE, Gemmill-herren B, Hipólito J, Freitas BM, Ngo HT, Azzu N, Sáez A, Astrom J, Na J, Blochtein B, Buchori D, Chamorro García FJ, Silva FO, Devkota K, Ribeiro MF, Freitas L, Gaglianone MC, Goss M, Irshad M, Kasina M, Pacheco Filho AJS, Kiill Ihp, Kwapong P, Nates Parra G, Pires CSS, Pires V, Rawal RS, Rizali A, Saraiva AM, Veldtman R, Viana BF, Witter S, Zhan H (2016) Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science* 351: 388-391.

Harder, LD & Thomson, JD (1989) Evolutionary options for maximizing pollen dispersal of animal-pollinated plants. *The American Naturalist* 133: 323-344

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE- Diretoria de Geociências, 2012. 271p.

Fischer G, Miranda D, Piedrahita W & Romero J (2005) Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 235p.

Fortes AB (1959) Geografia física do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Globo, 393p

Gallai N, Salles JM, Settele S & Vaissière BE(2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68: 810-821.

Giannini TC, Cordeiro GD, Freitas BM, Saraiva AM, & Imperatriz-Fonseca VL (2015) et al. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. *Apidologie* 46: 209-223.

Gross CL & Mackay D (1998) Honeybees reduce fitness in the pioneer shrub *Melastoma affine* (Melastomataceae). *Biological Conservation* 86:169–78

Harder LD&Johnson, SD(2005) Adaptive plasticity of floral display size in animal-pollinated plants. *Proceedings of the Royal Society B - Biological Sciences* 272: 2651-2657.

Hipólito J, Boscolo D, & Viana BF (2018). Landscape and crop management strategies to conserve pollination services and increase yields in tropical coffee farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 256: 218-225.

INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES – IPBES. Summary For Policymakers of the Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production. Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL, Ngo HT, Biesmeijer JC, Breeze TD, Dicks LV, Garibaldi LA, Hill R, Settele J, Vanbergen AJ, Aizen MA, Cunningham SA, Eardley C, Freitas BM,

Gallai N, Kevan PG, Kovacs-Hostyanszki A, Kwapong PK, Li J, Li X, Martins DJ, Nates-Parra G, Pettis JS, Rader R & Viana BF (eds.). Bonn, Germany: 2016.93p.

Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C & Tscharntke T (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings Royal Society* 274: 303–313

Lagos TCB, Valejo FAC, Criollo HE & Muñoz JEF (2008) Biología reproductiva de la uchuva. *Acta Agronómica Colombiana, Palmira* 57: 81-87.

Lankinen A, Kiboi S (2007) Pollen donor identity affects timing of stigma receptivity in *Collinsia heterophylla* (Plantaginaceae): a sexual conflict during pollen competition? *The American Naturalist* 170: 854–63.

Lindsey AH (1984) Reproductive biology of Apiaceae. I. Floral visitors to *Thaspium* and *Zizia* and their importance in pollination. *American Journal of Botany*, 71: 375-387.

Lloyd DG & Schoen DJ (1992) Self-and Cross-Fertilization in Plants. I. Functional Dimension. *International Journal of Plant Sciences* 153: 358-369.

Lloyd DG & Webb, CJ (1986) The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms. I. Dichogamy. *New Zealand Journal of Botany* 24: 135–162.

Lowenstein DM & Minor E (2015) Effect of number of *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) visits on eggplant yield. *Journal of Economic Entomology* 108: 1456-1459.

Lundgren R, Totalnd R & Lazaro A (2016) Experimental simulation of pollinator decline causes community wide reductions in seedling diversity and abundance. *Ecology* 97: 1420-30.

Lunau, K, Piorek, V, Krohn, O & Pacini, E (2014) Just spines-mechanical defense of malvaceous pollen against collection by corbiculate bees. *Apidologie* 46: 144-149.

Luo ZL, Gu L, Zhang DX. (2009) Intrafloral differentiation of stamens in heterantherous flowers. *Journal of Systematics and Evolution* 47: 43– 56

Malerbo-Souza DT & Halak AL (2012) Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. “Catuaí Vermelho”. *Científica* 40: 1–11.

Malerbo-Souza DT & Halak AL (2013) Efeito da interação abelha-flor na produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Zootecnia Tropical* 31:81–96

Maruyama PK, Nunes CEP, Vizentin-Bugoni J, Gustafsson S & Morellato LPC (2018) Are native bees and *Apis mellifera* equally efficient pollinators of the rupestrian grassland daisy *Aspilia jolyana* (Asteraceae)?. *Acta Botanica Brasilis* 32: 386-391.

Maués MM (2014) Economia e polinização: custos, ameaças e alternativas. In: Rech, A. R. et al. (org.) *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, p. 461-481.

Menezes C, Silva CI, Singer RB & Kerr WE (2007) Competição entre abelhas durante forrageamento em *Schefflera arboricola* (Hayata). *Bioscience Journal* 23: 63–69.

Milfont MO, Rocha EEM, Lima AON & Freitas BM (2013) Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. *Environmental Chemistry Letters* 11: 335-341.

Mosquera C (2002) POLINIZACION ENTOMOFILA DE LA UVILLA (*Physalis peruviana* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 19: 140-155.

Oliveira RH (2013) Assembleia de abelhas e efeito da distância de remanescentes florestais na produção de grãos e no valor econômico de *Brassica napus* (Hyola 420) no sul do Brasil. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 96 p.

Ollerton J, Winfree R & Tarrant S (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321-326.

Ollerton J (2017) Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation. in D. J. Futuyma, (edit). *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 48: 353-376.

Paton AJ, Brummitt N, Govaerts R, Harman K, Hinchcliffe S, Allkin B & Nic EL (2008) Towards target 1 of the global strategy for plant conservation: a working list of all known plant species-progress and prospects. *Taxon* 57: 602-611.

Pires VC, Silveira FA, Sujii ER, Torezani KR, Rodrigues WA, Albuquerque FA & Pires CS (2014) Importance of bee pollination for cotton production in conventional and organic farms in Brazil. *Journal of Pollination Ecology* 13: 151-160.

Proctor M, Yeo P & Lack A (1996) *The natural history of pollination*. London, Harper Collins Publishers. 479p.

Puente LA, Pinto-Muñoz, CA, Castro ES & Cortés M (2011). *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International* 44: 1733–1740.

Radford AE, Dickinson WC, Massey JR & Bell CR (1974) *Vascular plant systematics*. New York, Harper & Row Publishers.

Rodriguez F (2006) Identificación de la entomofauna benéfica asociada al cultivo de uchuva (*Physalis peruviana*). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. p. 50.

Roselino AC, Santos SAB & Bego LR (2010) Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. *Revista Brasileira de Biociências* 8: 154-158.

Roubik DW (1991) Aspects of Africanized honey bee ecology in tropical America. *Spivak* 259–81.

Roubik DW (2009) Abejas cleptoparasitas, con énfasis en las abejas hospederas colectoras de aceites (*Hymenoptera: Apoidea*). *Acta biológica Colombiana* 4: 115-124.

Roubik DW (2018) *The pollination of cultivated plants: a compendium for practitioners*. Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO), Roma. 46p.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JÁ, Cunha TJF & OLIVEIRA JB (2013) Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa. 353 p.

Santos AOR, Bartelli BF & Nogueira-Ferreira FH (2014) Potential Pollinators of Tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in Open Crops and the Effect of a Solitary Bee in Fruit Set and Quality. *Journal of Economic Entomology* 107: 987-994.

Silva-Neto CM, Lima FG, Gonçalves BB, Bergamini LL, Bergamini BAR, Elias MAS & Franceschinelli EV (2013) Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. *Journal of Pollination Ecology* 11: 41-45.

Silva PN (2015) Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas de cultivo de tomateiro e o seu papel na polinização. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 120p.

Solís-Montero L, Vallejo-Marín M (2017) Does the morphological fit between flowers and pollinators affect pollen deposition? An experimental test in a buzzpollinated species with anther dimorphism. *Ecol Evol.* 7:2706–2715.

Sullivan J R (1984) Pollination Biology of *Physalis viscosa* var. *cinerascens* (Solanaceae). *American Journal of Botany* 71:815–820.

Thomas VG, Kevan PG (2012) Insect pollination: commodity values, trade and policy considerations. *Journal of Pollination Ecology* 7: 5-15.

Thomson D (2004) Competitive interactions between the invasive european honey bee and native bumble bees. *Ecology*, 85: 458–470.

Tong ZY & Huang SQ (2017) Safe sites of pollen placement: a conflict of interest between plants and bees? *Oecologia*, 186: 163–171.

Thomson JD (2006) Tactics for male reproductive success in plants: contrasting insights of sex allocation theory and pollen presentation theory. *Integrative and Comparative Biology* 46:390–7.

Thorp RW (1987) World overview of the interactions between honeybees and other flora and fauna. In *Beekeeping and Land Management*, ed. JD Blyth, pp. 40–47.

Tur C, Castro-Urgal R & Traveset A (2013) Linking plant specialization to dependence in interactions for seed set in pollination networks. *Plos One* 8: 78-94.

Vaissière B, Freitas BM & Gemmill-Herren, B (2011). Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use. Rome, ITA : FAO, 81 p.

Viana BF et al. (2015) Plano de manejo para polinização de macieiras (*Malus domestica*) da variedade Eva: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica. Rio de Janeiro, RJ: FUNBIO 59p.

Webb CJ & Lloyd DG (1986) The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms II. Herkogamy. *New Zealand Journal of Botany* 24:163–178.

Watson JC, Wolf AT & Ascher JS (2011) Forested Landscapes Promote Richness and Abundance of Native Bees (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) in Wisconsin Apple Orchards. *Environmental Entomology* 40: 621–632.

Westerkamp C (1996) Pollen in bee-Flower relations some considerations on melittophily. *Botanica Acta* 109: 325–332.

Westerkamp C (1997). Flowers and bees are competitors - not partners. towards a new understanding of complexity in specialised bee flowers. *Acta Horticulturae* 437: 71–74.

Willmer P (2011) *Pollination and Floral Ecology*. New Jersey, Princeton University Press. 828p.

Witter S, Nunes-silva P, Lisboa B, Tirelli F, Satller A, Hilgert-moreira SB & Blochtein B (2015) Stingless bees as alternative pollinators of canola. *Journal of Economic Entomology*, 108: 1-7.

Witter S, Blochtein B, Nunes-Silva P, Tirelli FP, Lisboa BB, Bremm C & Lanzer R (2014) The bee community and its relationship to canola seed production in homogenous agricultural areas. *Journal of Pollination Ecology* 12:15–21

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

É fato que a polinização por insetos está diretamente ligada a melhoria na produção e qualidade dos frutos de diversas culturas. No entanto, a importância desses atores tão importantes dentro dos sistemas de cultivo é negligenciada. Este estudo foi desenvolvido em uma área onde os monocultivos são predominantes e os fragmentos de mata nativa cada vez menores. Provavelmente em virtude disso a diversidade e abundância de insetos encontrados visitando *P. peruviana* foi baixo.

Mesmo com a baixa diversidade de visitantes, todos foram abelhas. Verificou-se aumento significativo no número de frutos formados e na qualidade dos frutos de *P. peruviana* quando as flores receberam visitas destes insetos. Pelo número de visitas e por todas as visitas terem sido efetivas, *A. mellifera* foi considerada o principal polinizador de *P. peruviana*. Tanto a abelha quanto a cultura estudada são exóticas e tem potencial econômico na região e podem ser alternativas para o sistema agrícola que existe na região.

Assim, do ponto de vista ecológico e agrícola, a polinização por abelhas aumenta a qualidade dos frutos de *P. peruviana*, sugerindo que a adequada polinização por esses insetos deve ser considerada nas estratégias de manejo para esta cultura. Visando lucratividade na lavoura, produtores de *P. peruviana* devem estar cientes da importância das abelhas para o aumento da produção. Além disso, estudos agrônômicos do manejo de *P. peruviana* devem considerar o aumento artificial da abundância de abelhas para testar o aumento da produtividade, como alternativa para locais com baixa taxa de visitação natural.

REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS. **Fruticultura-Setor em Expansão**. 2018. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2018/08/14/fruticultura-setor-em-expansao/>>. Acesso em: maio 2019.
- AGOSTINI, K., LOPES, A. V., & MACHADO, I. C. Recursos florais. In: A. R. Rech, K. Agostini, P. E. Oliveira & I. C. Machado (Eds.), **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural. 2014. p. 130–150.
- AIZEN, M. A.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAM, S. A. & KLEIN, A. M. “Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency”. **Current Biology**, v. 20: 1572-1575, 2009.
- ALMANZA-MERCHÁN, P.J.; FISCHER, G. Fisiología del cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). In: REUNIAO TÉCNICA DA CULTURA DA PHYSALIS, 2., 2012, Lages. **Anais...** Lages: UDESC, 2012. p. 32-52.
- ALMEIDA, D. et al. **Plantas Visitadas por Abelhas e Polinização**, Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação, 2003. 40 p.
- Alves-dos-Santos, I.; Aizen, M.; Silva, C.I. Conservação de polinizadores. In: A. R. Rech, K. Agostini, P. E. Oliveira & I. C. Machado (Eds.), **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural. 2014. p. 527-564.
- ANDRADE, L. Physalis ou Uchuva: fruta da Colômbia chega ao Brasil. **Revista Brasil Rural**, São Paulo, v. 38, p. 11-12, 2008.
- ANGULO, R. Uchuva el cultivo. **Colciencias, Centro de Investigaciones y Asesorias Agroindustriales**. Bogotá, v. 2, p. 78, 2005.
- ASHMAN, T. L. et al. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. **Ecology**, v. 85, n. 9, p. 2408–2421, 2004.

BARTELLI B.F.; NOGUEIRA-FERREIRA F. H. Pollination services provided by *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in greenhouses with *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). **Sociobiology**, v. 61, p. 510–516, 2014.

BARONIO, G. J. et al. Plantas, polinizadores e algumas articulações da biologia da polinização com a teoria ecológica. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 2, p. 275-293, 2016.

BIDDINGER, D.J., RAJOTTE, E.G. Integrated pest and pollinator management—adding a new dimension to an accepted paradigm. **Elsevier**, v.10, p. 204-209, 2015.

BIERZYCHUDEK P. Pollinator limitation of plant reproductive effort. **American Naturalist**, v. 117, n. 5, p. 838-840, 1981.

BLOCHTEIN, B et al. Comparative study of the floral biology and of the response of productivity to insect visitation in two rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in Rio Grande do Sul. **Braz. J. Biol.**, São Carlos, v. 74, n. 4, p. 787-794, 2014.

BLOCHTEIN, B.; WITTER, S.; HALINSKI, R. **Plano de manejo para polinização da cultura da canola: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica**. Rio de Janeiro: Funbio, 2015. 40 p.

BPBES/REBIPP. **Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil**. Marina Wolowski; Kayna Agostini; André Rodrigo Rech; Isabela Galarda Varassin; Márcia Maués; Leandro Freitas; Liedson Tavares Carneiro; Raquel de Oliveira Bueno; Hélder Consolaro; Luisa Carvalheiro; Antônio Mauro Saraiva; Cláudia Inês da Silva. Maíra C. G. Padgurschi (Org.). 1ª edição, São Carlos, SP: Editora Cubo. 2019, 184 páginas.

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

CAMACHO, G. Procesamiento. In: FLOREZ, V., FISCHER, G., y SORA, A. (org) **Producción, Poscosecha y Exportación de La Uchuva**. Bogotá: Universidad Nacional de Colômbia, 2000, 131 p.

Campbell, A. J., Carvalheiro, L. G., Maués, M. M., Jaffé, R., Giannini, T. C., Freitas, M. A. B. Anthropogenic disturbance of tropical forests threatens pollination services to açai palm in the Amazon river delta. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 4, p. 1725-1736, 2018.

CARVALHEIRO, L. G.; SEYMOUR, C. L.; NICOLSON, S. W.; VELDTMAN, R. Creating patches of native flowers facilitates crop pollination in large agricultural fields: mango as a case study. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, p. 1373-1383, 2012.

CASTLE, D. GRASS, I., WESTPHAL, C. Fruit quantity and quality of strawberries benefit from enhanced pollinator abundance at hedgerows in agricultural landscapes, **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 275, p. 14-22, 2019.

CAVALCANTE, M. C. **Visitantes florais e polinização da castanhado-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em cultivo na Amazônia central**. 2008. 77 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

CAVALCANTE, M.C., MAUÉS, M.M., FREITAS, B.M. Pollination requirements and the foraging behavior of potential pollinators of cultivated brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) trees in central Amazon rainforest. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012: 9p, 2012.

CHAUTÁ-MELLIZO, A. et al. Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality, **Basic and Applied Ecology** v. 13, p. 524–532, 2012.

CHIARI, W. C.; TOLEDO, V. de A. A. de; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; OLIVEIRA, A. J. B. D.; SAKAGUTI, E. S.; ATTENCIA, V. M.; COSTA, F. M.; MITSU, M. H. Pollination of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, p. 31–36, 2005.

CHIARI, W. C.; TOLEDO, V. de A. A. de; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; TOLEDO, T. C. S. de O. A. de; LOPES, T. de S. Polinização por *Apis mellifera* em soja transgênica [*Glycine max* (L.) Merrill] Roundup Ready™ cv. BRS 245 RR e convencional cv. BRS 133. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 267-271, 2008.

COBRA, S.; S. DE O. et al. Características florais e polinizadores na qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-azedo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 50, n. 1, p. 54–62, 2015.

COSTA-MAIA, F. M., LOURENÇO, D. A L.; TOLEDO, V. A. Aspectos econômicos e sustentáveis da polinização por abelhas. **Sistemas de Produção Agropecuária (Ciências Agrárias, Animais e Florestais)**, p. 45-67, 2010.

DAILY, G. Introduction: What Are Ecosystem Services? In: Daily, G. (ed), **Nature's Services**. Societal Dependence on Natural Ecosystems, Island Press, Washington DC, 1997.

DE MARCO, P.; COELHO, F.M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, v.13, n.7, p. 1245-1255. 2004.

DEPRÁ, M.S.; DELAQUA, G.C.G.; FREITAS, L. & GAGLIANONE, M.C. Pollination deficit in open-field tomato crops (*Solanum Lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio de Janeiro state, Southeast Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v. 12, n. 1, p.1-8. 2014.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The Principles of Pollination Ecology**. Oxford, New York: Pergamon Press, 1979.

FAO (Food and Agriculture Organization). Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. p. 19-25. In: B.M. Freitas & J.O.B. Portela (eds.). **Solitary Bees: Conservation, Rearing and Management for Pollination**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2004. 285 p.

FAO. UCHUVA (*Physalis peruviana* L.). **FICHAS TÉCNICAS**. 2006.

FERREIRA, M. Fruta nativa para fugir da seca. **Zero Hora, Campo e Lavora**, Porto Alegre, p.3, 31 de março de 2006.

FISCHER, G.; MERCHÁN, P.; MIRANDA, D.; Importância y cultivo de la Uchuva (*Physalis peruviana* l.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 001-015, 2014.

FISCHER, G.; LÜDDERS, P. Efecto de la altitud sobre el crecimiento y desarrollo vegetativo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Revista Comalfi**, Bogotá, v. 29, n. 1 p. 1-10, 2002.

FISCHER, G.; MIRANDA, D. Uchuva (*Physalis peruviana* L.). In: FISCHER, G. (Ed.). **Manual para el cultivo de frutales en el trópico**. Bogotá: Produmedios, 2012. p.851-873.

FREITAS, B.M, **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.)**. Tese (Doutorado), University of Wales, 1995.

FREITAS, B. M. A importância relativa de *Apis mellifera* e outras espécies de abelhas na polinização de culturas agrícolas. In: **Encontro Sobre Abelhas**, 3º, 1998, Ribeirão Preto. Anais do terceiro encontro sobre abelhas, FFCLRP, Ribeirão Preto, Brasil. p. 10-20. 1998.

FREITAS, B.M. et al. **Plano de manejo para polinização da cultura do cajueiro: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica**. Rio de Janeiro: FUNBIO, 2014.

FREITAS, L.; WOLOWSKI, M.; SIGILIANO, M. I. Ocorrência de limitação polínica em plantas de Mata Atlântica. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 251–265, 2010.

FRIEDMAN, J.; BARRETT, S.C. Wind of change: new insights on the ecology and evolution of pollination and mating in windpollinated plants. **Annals of Botany**, v. 103, p. 1515-1527. 2009.

FUZARO, Leandro et al. Influence of pollination on canola seed production in the Cerrado of Uberlândia, Minas Gerais State, **Brazil. Acta Sci., Agron.**, Maringá, v. 40, e 39315, 2018 .

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

GALLAI N, VAISSIÈRE B.E. Guidelines for the economic valuation of pollination services at a national scale. **FAO**, 2009.

GARIBALDI, L. A.; DONDO, M.; FREITAS, B. M.; HIPÓLITO, J.; PIRES, C. S. S.; SALES, V.; VIANA, B.; VILAR, M. B. **Aplicações do protocolo de avaliação socioeconômica de práticas amigáveis aos polinizadores no Brasil**. Rio de Janeiro: Funbio, 2015.

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

Garratt, M. P., Breeze, T. D., Jenner, N., Polce, C., Biesmeijer, J. C., & Potts, S. G. (2014). Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. **Agriculture, ecosystems & environment**, 184(100), 34–40. doi:10.1016/j.agee.2013.10.032

GASTELUM, D. **Demanda nutricional y manejo agronómico de *Physalis peruvianum* L.** 2012. 74 p. dissertação (Mestrado em Ciências). Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Texcoco, 2012.

GAZZONI, D. L. **Soja e abelhas**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 151 p.

GIANNINI, T. C. et al. Construção de Cenários Futuros para o Uso e Conservação de Polinizadores. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. et al. (Org.). **Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. p. 301-313.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZFONSECA, V. L. The crop dependence for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, p. 849-857, 2015.

GIANNINI, T. C., BOFF, S., CORDEIRO, G. D., CARTOLANO, E. A., VEIGA, A. K., IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., & SARAIVA, A. M. Crop pollinators in Brazil: A review of reported interactions. **Apidologie**, 46, 209–223, 2015.

GOMES, J. E. et al. Morfologia floral e biologia reprodutiva de genótipos de aceroleira. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 519-523, 2001.

GOULSON, D. et al. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. **Science**, v. 347, n. 6229, 2015.

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

HOFFMANN, A. Apresentação. In: **Seminário Brasileiro Sobre Pequenas Frutas**, 2003, Vacaria. Anais... Bento Gonçalves. Embrapa Uva e Vinho, 2003.p. 6.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A. L.; ALVES, D.A. & SARAIVA, A.M. **Polinizadores do Brasil. Contribuição e Perspectivas Para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais**. EDUSP. 485p. 2012.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. & JOLY, C.A., Avaliação Polinizadores, Polinização e Produção de Alimentos da Plataforma Intergovernamental de Biodiversidade e Serviços de Ecossistemas (IPBES). In: **Importância dos polinizadores na produção de alimentos e na segurança alimentar global, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)**. DF: 2017. 124p.

INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES – IPBES. **Summary For Policymakers of the Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production**. POTTS, S.G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; NGO, H.T.; BIESMEIJER, J.C.; BREEZE, T.D.; DICKS, L.V.; GARIBALDI, L.A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A.J.; AIZEN, M.A.; CUNNINGHAM, S.A.; EARDLEY, C.; FREITAS, B.M.; GALLAI, N.; KEVAN, P.G.; KOVACS-HOSTYANSZKI, A.; KWAPONG, P.K.; LI, J.; LI, X.; MARTINS, D.J.; NATES-PARRA, G.; PETTIS, J.S.; RADER, R.; VIANA, B.F. (eds.). Bonn, Germany: 2016.

JUNQUEIRA, A.H.; LUENGO, R.F.A. Mercados diferenciados de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 95-99, julho 2000.

KIILL, L.H.P. et al. **Plano de Manejo de Polinizadores do Meloeiro**. Petrolina: Repmel, 2013

KIST, B. B. **Anuário Brasileiro de Fruticultura**, 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 88p.

KLATT, B. K.; HOLZSCHUH, A.; WESTPHAL, C.; CLOUGH, Y.; SMIT, I.; PAWELZIK, E.; TSCHARNTKE, T. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 281, n. 1775, p. 1-8, 2014.

KLEIJN D, WINFREE R, BARTOMEUS I, et al. Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. **Nature Communications**, v. 6:7414, 2015.

Klein A.M., Vaissière B.E., Cane J.H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S.A., Kremen C., Tscharntke T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, p. 303-313, 2007.

LAGOS, T.C. **Biología reproductiva, citogenética, diversidad genética y heterosis en parentales de uvilla o uchuva *Physalis peruviana* L.** 2006. 129 p. Tese (Doutorado) - Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira 2006.

LAGOS, T.C.B.; VALEJO, F.A.C.; CRIOLLO, H.E.; MUÑOZ, J.E.F. Biología reproductiva de la uchuva. **Acta Agronómica Colombiana**, Palmira, v. 57, n.2, p.81-87, 2008.

Lee, K. V., N. STEINHAEUER, K. RENNICH, M. E. WILSON, D. R. TARPY, D. M. CARON, R. ROSE, K. S. DELAPLANE, K. BAYLIS, AND E. J. LENGERICHE. A national survey of managed honey bee 2013–2014 annual colony losses in the USA. **Apidologie**, v. 46, p. 292-305, 2015.

LIMA, C.S.M. et al. Principais coeficientes técnicos e insumos envolvidos na implantação de physalis na região sul (RS). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 5, p. 555-561, 2009.

MAGALHÃES, C. B.; FREITAS, B. M. Introducing nests of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. **Apidologie**, Paris, v. 44, n. 2, p. 234-239, 2013.

MALERBO-SOUZA, D.T.; HALAK, A.L. Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. “Catuaí Vermelho”. **Científica**, v.40, n.1, p.1–11, 2012.

MARTINS DE OLIVEIRA, J. E., NICODEMO, D., FREITAS DE OLIVEIRA, F., Contribuição da polinização entomófila para a produção de frutos de aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Tropical** [en linea] 2015, 45 p.

MARTÍN, L.O.A.; CASTIEL, A.F.; SANDOVAL, E.V. **Guía de Campo de los polinizadores de España**. Ediciones Mundi-Prensa, Espanha, 2015.

MAUÉS, M. M. Economia e polinização: custos, ameaças e alternativas. In: Rech, A. R. et al. (org.) **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, p. 461-481, 2014.

MAUÉS, M. M. Reproductive phenology and pollination of the brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb.e Bonpl.) in eastern Amazônia. In: Kevan P e Imperatriz Fonseca(org). **Pollinating Bees-The Conservation Link Between Agriculture and Nature**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.245-254, 2002.

MCGREGOR, S. E. Insect pollination of cultivated crop-plants. U.S.D.A. **Agriculture Handbook**, n. 496, p. 93-98, 1976. Disponível em: <http://gears.tucson.ars.ag.gov/book/> Acesso em 15/02/2019.

MELO, G. A. R. et al. Polinização e polinizadores de maracujá no Paraná. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de manejo**. Rio de Janeiro: Funbio, p. 207-253, 2014.

MILFONT, Marcelo de Oliveira. **Uso da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização e aumento de produtividade de grãos em variedade de soja (*Glycine max.* (L.) Merril.) Adaptada às condições climáticas do nordeste brasileiro**. 2012. 148 p. Tese (Doutorado em ZOOTECNIA) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2012.

MILFONT, M.O. et al. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. **Environmental Chemistry Letters**, v. 11, p. 335-341, 2013.

MORTANDADE de abelhas tem se espalhado no RS. **Radio Progresso de Ijuí**, 2019. Disponível em: <<https://www.radioprogresso.com.br/mortandade-de-abelhas-tem-se-espalhado-pelo-rs/>>. Acesso em 03 de abr. de 2019.

MUNIZ, J.; MOLINA, Anyela Rojas; MUNIZ, Jaison. Physalis: Panorama produtivo e econômico no Brasil. **Hortic. Bras.**, Vitória da Conquista, v. 33, n. 2, 2015.

NOVAIS, S. M. A.; NUNES, C. A.; SANTOS, N. B.; D'AMICO, A. R.; FERNANDES, G. W.; QUESADA, M.; NEVES, A. C. O. Effects of a possible pollinator crisis on food crop production in Brazil. **Plos One**, v. 11, n. 11, p. 1–12, 2016.

NOVOA, R.M.; BOJACÁ, J.; GALVIS, Y.; FISCHER, G.; La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento pocosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) almacenada. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 24, n.1, p. 77-86. 2006

NUNES-SILVA, P. et al. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as efficient pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. **Apidologie**, v. 44, p. 537–546. 2013.

OLIVEIRA et. Al. Polinização por lepidopteros. In: A. R. Rech, K. Agostini, P. E. Oliveira & I. C. Machado (Eds.), **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural. 2014. p. 236–57.

OLIVEIRA, P. E.; MARUYAMA, P. K. Sistemas reprodutivos. In: A. R. Rech, K. Agostini, P. E. Oliveira & I. C. Machado (Eds.), **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, p. 71–92, 2014

OLLERTON, J. et al. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, p. 321-326, 2011.

OLLERTON, J. Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation. In D. J. Futuyma, (edit). **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Vol 48, p. 353-376, 2017.

ORTH, A.I., SEZERINO, A. A., SALOMÉ, J.A. Manejo da polinização e o problema da diminuição da população de abelhas domésticas. **Agropecuária Catarinense**, v. 25, p. 47-52, 2012.

PAUDEL, Y. P., MACKERETH, R, HANLEY, R, & QIN, W. Honey Bees (*Apis mellifera* L.) and Pollination Issues: Current status, impacts and potential drivers of decline. **Journal of Agricultural Science**, v. 7, n. 6, p. 93, 2015.

PHILBIRCK, C.T., Hydrophily: phylogenetic and evolutionary considerations. **Rhodora**, p. 36-50, 1991.

PIRES, V. C.; SILVEIRA, F. A.; SUJII, E. R.; TOREZANI, K. R.; RODRIGUES, W. A.; ALBUQUERQUE, F. A.; PIRES, C. S. Importance of bee pollination for cotton production in conventional and organic farms in Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v.13, n. 16, p. 151-160, 2014.

APICULTORES brasileiros encontram meio bilhão de abelhas mortas em três meses. **Revista Galileu**, 2019. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2019/05/apicultores-brasileiros-encontram-meio-bilhao-de-abelhas-mortas-em-tres-meses.html>>. Acesso em: 03 de abr. de 2019.

POTTS, S. et al. Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers. **Trends in ecology and Evolution**, v. 25, p. 345-353, 2010.

POTTS, S.G., IMPERATRIZ-FONSECA, V., NGO, H.T., AIZEN, M.A., BIESMEIJER, J.C., BREEZE, T.D. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, p. 220-229, 2016.

RICKETTS, T. H. et al. Landscape Effects on Crop Pollination Services: Are There General Patterns? **Ecology Letters**, v. 11, p. 499-515, 2008.

RITZINGER, R.; SILVA, L. C. V.; ALVES, M. G. V. **Polinização da aceroleira: acerola em foco**. Cruz das Almas: Embrapa, 2004.

RIZZARDO, R.A.G. et al. *Apis mellifera* pollination improves agronomic performance of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*). **Anais Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 4, p. 1137-1145, 2012.

RODRIGUES. F. A.; PENONI. E.S.; SOARES. J.R.; PASQUAL. M.; Caracterização do ponto de colheita de *Physalis peruviana* L. na região de Lavras, MG; **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 862-867, 2012.

ROSELINO, A. C.; SANTOS, S. A. B.; BEGO, L. R. Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepelletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 154-158, 2010

RUFATO, A.R. et al. **Aspectos técnicos da cultura da Physalis**. Lages: CAV/UDESC; Pelotas: UFPel, 100 p. 2008.

RUFATO, A. De. R. Sistemas de condução, poda, pragas e doenças da cultura da physalis. In: **Mini-curso de Pequenos Frutos, Seminário Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado**, 9. 2010, São Joaquim, SC. Anais... Lages: CAV/UDESC; São Joaquim: EPAGRI, p. 26-36, 2010.

SALOMÉ, J.A; ORTH, A.I. Polinização em pomares de macieiras: Nova metodologia para o aumento da frutificação com o manejo correto de colmeias. **Agropecuária Catarinense**. Suplemento especial. V. 27,n.2, 2014.

SANTOS, I.A.; AIZEN, M.; SILVA,.C.I., Conservação dos polinizadores In: Rech, A. R.; Agostini, K.; Machado, I.C.S.; Oliveira, P.E.A.M. (Org.). **Biologia da polinização**.1ª ed. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014, p. 226-264.

SARMENTO, J.D.A. **Qualidade, Compostos Bioativos E Conservação Da Pitaia (Hylocereus Polyrhizus) no Semiárido Brasileiro**. 2017. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia). Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

SEBRAE-Serviço Brasileiro De Apoio às Micro E Pequenas Empresas. Agronegócio-Fruticultura; **Boletim de inteligência**, p.5 ; 2015. Disponível em: Acesso em: maio de 2019.

SILVA, C.I., OLIVEIRA, P.E.A.M. & GARÓFALO, C.A. Manejo e conservação de polinizadores do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) [Management

- and conservation of yellow passion fruit pollinators (*Passiflora edulis f. flavicarpa*)]. **Documentos (Embrapa Semi-Árido. Online)**, v. 249, p. 163–178, 2012.
- SIQUEIRA, K. M. M. DE et al. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na região do Vale do Submédio São Francisco. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 31, n. 1, p. 1–12, 2009.
- Silva-Neto, C.M.; Lima F.G.; Gonçalves, B.B.; Bergamini, L.; Bergamini, B.A.R.; Elias, M.A.S. & Franceschinelli, E.V. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, v. 11, p. 41-45p, 2013.
- SMITH, M. R. et al. Effects of decreases of animal pollinators on human nutrition and global health: a modelling analysis. **The Lancet n.**, v. 386, p. 1964-1972. 2015.
- SOSTER, M. T. B.; LATORRE, A. N. Avaliação da fenologia das cultivares de macieira Imperatriz, Gala e Fuji em pomar em Bom Retiro – SC. **Revista Biotemas**, 20: 35-40. 2007.
- SOUZA, V. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil**, 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.
- Venturieri, G. C. Plano de manejo para os polinizadores do açazeiro *Euterpe oleracea* (Arecaceae). In M. Yamamoto, P. E. Oliveira, & M. C. Gaglianone (Eds.), **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autoctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo**. Rio de Janeiro: Funbio, 2014.
- VIANA, V. M. BIOLOGIA E MANEJO DE FRAGMENTOS FLORESTAIS. In: **Congresso Florestal Brasileiro**, 6, Anais... Campos do Jordão, SP, sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990.
- VIANA, B.F. et al. **Plano de manejo para polinização de macieiras (*Malus domestica*) da variedade Eva: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica**. Rio de Janeiro, RJ: FUNBIO. 2015. 59p.

THOMAS, V.G.; KEVAN, P.G. Insect pollination: commodity values, trade and policy considerations. **J. Pollination Ecology**, v. 7, n. 2, p. 5-15. 2012.

TOMM, G.O. **Canola. Situação da Canola na América do Sul**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2013.

VARASSIN, I. G.; Amaral Neto, LP . Atrativos. In: André Rodrigo Rech, Kayna Agostini, Paulo Eugênio Oliveira & Isabel Cristina Machado. (Org.). **Biologia da Polinização**. 1a.ed.Rio de Janeiro: Projeto Cultural, p. 185-211, 2014.

VIEIRA, P. F. P. et al. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. **Revibec: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 15, p. 43-53, 2010.

YAMAMOTO, M. et al. The role of bee diversity in pollination and fruit set of yellow passion fruit (*Passiflora edulis forma flavicarpa*, Passifloraceae) crop in Central Brazil. **Apidologie**, v. 43, p. 515–526, 2012.

WITTER, S. et al. **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2014.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P. ; LISBOA, B. ; TIRELLI, F. ; SATLLER, A. ; HILGERT-MOREIRA, S. B. ; BLOCHTEIN, B. Stingless bees as alternative pollinators of canola. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, p. 1-7, 2015.

WITTER, S.; RADIN, B.; LISBOA, B. B.; TEIXEIRA, J. S. G.; BLOCHTEIN, B.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. C. Desempenho de cultivares de morango submetidas a diferentes tipos de polinização em cultivo protegido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 58-65, 2012.