



## The importance of biotic pollination in agricultural crops in Brazil

### A importância da polinização biótica em cultivos agrícolas no Brasil

VASQUES, Agrícia Gabriella Estevam Barros Correia <sup>(1)</sup>; COSTA, Karine de Matos<sup>(2)</sup>;  
LEITE, Ana Virginia<sup>(3)</sup>

<sup>1)</sup>  0000-0002-4277-0316; Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, Pernambuco (PE), BRASIL, agriciagv@gmail.com;

<sup>2)</sup>  0000-0002-9212-8903; Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Pernambuco (PE), BRASIL, karinecostabio@gmail.com;

<sup>3)</sup>  0000-0001-7120-384X; Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, Pernambuco (PE), BRASIL, avlleite@yahoo.com.br;

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

#### ABSTRACT

Pollination studies with agricultural species are essential to help environmental managers and government agencies in decisions related to the management of economically important species. Currently, the demand for the biotic pollination service and the scarcity of bees have caused the need to carry out artificial pollination in agricultural crops. Our objective is to determine the importance of the biotic pollination service for crop species in Brazil. We collected information in the main online databases, looking for research related to agricultural pollination in Brazil. The collected data were organized in spreadsheets containing information on ecology, floral biology and reproductive system. Among the 69 species listed, 13% are endemic and among the 30 botanical families registered, four were more prominent: Arecaceae, Passifloraceae, Myrtaceae and Solanaceae. The Atlantic forest was the most mentioned ecosystem and in relation to floral attributes, actinomorphic flowers was predominant. This type of symmetry, together with other attributes, such as disk morphology and white color, show a tendency towards generalist pollination. Despite the greater mention of facultative xenogamy, the percentages of allogamy and obligatory xenogamy reinforce the need for biotic pollination to ensure productivity in these crops.

#### RESUMO

Estudos de polinização com espécies agrícolas são fundamentais para auxiliar gestores ambientais e órgãos governamentais na tomada de decisão relacionadas ao manejo de espécies economicamente importantes. Atualmente, a demanda pelo serviço de polinização biótica e a escassez de abelhas têm causado a necessidade da realização de polinização artificial em cultivos agrícolas. Nosso objetivo consiste em determinar a importância do serviço de polinização biótica para espécies de cultivos agrícolas no Brasil. Foram realizadas buscas nos principais bancos de dados online, procurando por pesquisas relacionados à polinização agrícola no Brasil. Os dados coletados foram organizados em planilhas contendo informações sobre a ecologia, a biologia floral e o sistema reprodutivo. Entre as 69 espécies listadas, 13% são endêmicas e entre as 30 famílias botânicas registradas, quatro tiveram mais destaque: Arecaceae, Passifloraceae, Myrtaceae e Solanaceae. A floresta Atlântica foi o ecossistema mais mencionado e em relação aos atributos florais, houve predominância de flores actinomorfas. Esse tipo de simetria, juntamente com os demais atributos, como morfologia em disco e cor branca, evidenciam uma tendência para a polinização generalista. Apesar da maior menção à xenogamia facultativa, os percentuais de alogamia e xenogamia obrigatória reforçam a necessidade da polinização biótica para assegurar a produtividade nesses cultivos.

#### Introdução

A polinização compreende um importante passo para o processo de reprodução sexuada nas plantas e é mediada, em parte, pela ação de vetores de polinização, sejam abióticos ou bióticos (Faegri & Pijl, 2013). Cada vez mais há um destaque maior para a polinização biótica, ocorrendo com a participação de diferentes grupos de animais, tais como abelhas,

#### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

##### Histórico do Artigo:

Submetido: 23/05/2022

Aprovado: 22/12/2022

Publicação: 10/01/2023



##### Keywords:

Floral attributes, allogamy, cultivated species, Atlantic forest

##### Palavras-Chave:

atributos florais, alogamia, espécies cultivadas, floresta Atlântica

beija-flores, morcegos, moscas, borboletas, entre outros (Fontaine et al., 2005; Klein et al. 2007; Rader, et al., 2020). Pelo menos 90% das espécies de angiospermas dependem parcialmente ou integralmente dos serviços de polinização (Fontaine et al., 2005). Vale ressaltar que cerca de 87 das 115 principais safras de plantas cultivadas no mundo também estão inclusas nesse percentual de dependência por polinizadores (Klein et al. 2007; Ollerton et al. 2011).

As abelhas estão entre os polinizadores mais diversos e que prestam seus serviços para pelo menos 70% das espécies vegetais, entre os mais variados ecossistemas do globo terrestre (Thakur, 2012). A grande importância das abelhas em todo esse processo se dá, sobretudo, em decorrência de seu histórico de coevolução com as flores (Van Der Kooi & Ollerton, 2020; Moreira-Hernández & Muchhala, 2019). Em muitas flores pode-se constatar a presença de atributos florais mais especializados, ou mesmo a produção de recursos diferenciados (ex. óleos e perfumes), bem como pistas sensoriais que guiam o polinizador à flor (Varassin & Amaral-Neto, 2014). Muitos desses atributos (e recursos) estão diretamente associados à polinização por abelhas (Varassin & Amaral-Neto, 2014; Schiestl & Johnson, 2013).

Entre as espécies vegetais cultivadas, o tomate e o pimentão, por exemplo, apresentam flores com anteras poricidas que necessitam da ação ativa de abelhas para vibrar as anteras e promover a transferência dos grãos de pólen (Falcão et al., 2016). Já as flores da acerola oferecem o óleo como recurso que apenas abelhas especializadas e nativas conseguem remover e terminam por polinizar a espécie (Aliscioni et al., 2021). As plantas do maracujá apresentam flores de tamanho grande que em conjunto com o arranjo espacial e funcional dos órgãos reprodutivos, favorecem a polinização por abelhas nativas de grande porte, consideradas como polinizadoras efetivas (Yamamoto, et al., 2012). Dessa forma, entendemos a necessidade de considerar outros aspectos das plantas, como sistema reprodutivo e informações sobre os polinizadores, para discutir sobre a importância da polinização biótica em cultivos agrícolas.

Algumas plantas reproduzem-se assexuadamente, porém, diversos estudos comprovam a eficiência do processo de polinização biótica para a formação de frutos com maior qualidade comercial apresentando, por exemplo, maior tamanho e/ou peso, ou até mesmo um número maior de frutos produzidos (Del Sarto et al., 2005; Roselino, 2005; Montemor & Malerbo, 2009; Hünicken et al., 2020; Pardo & Borges, 2020; Jordan, et al., 2021). Um estudo ao avaliar a polinização da abelha *Melipona quadrifasciata* em cultivos de tomates, encontrou que os frutos resultantes da polinização biótica apresentavam menos danos mecânicos quando comparados aos frutos polinizados manualmente (Del Sarto et al., 2005). Em cultivos de pereiras e macieiras, Hünicken et al. (2020), comprovaram que a polinização biótica esteve relacionada ao aumento no número e na qualidade dos frutos (peso,

tamanho e concentração de açúcar). Jordan et al. (2021), avaliando a dependência econômica das culturas dos Estados Unidos no serviço de polinização biótica, atribuíram 80% do valor econômico de 20% dos condados dos EUA à polinização por insetos.

Apesar de já ser relatada na literatura a importância da polinização, na prática, ações como: 1) fragmentação de habitat, por motivo de expansão das áreas agrícolas ou uso para pastagem, 2) uso de culturas geneticamente modificadas e 3) uso de pesticidas, são exemplos de ações antrópicas que têm ocasionado o declínio de polinizadores, e assim, impactado negativamente a produção de culturas agrícolas que dependem desses serviços (Potts et al. 2010; Rader et al., 2020). Para contornar a queda no serviço de polinização, um sistema artificial e/ou manual pode ser incorporado nas culturas (Sánchez et al., 1992; Richardson & Anderson, 1996; Farré & Hermoso, 1997 apud Pinto et al., 2055; Tayal et al., 2020). Os trabalhadores rurais com os próprios dedos tocam nas anteras para coletar os grãos de pólen e levá-los ao estigma da flor (Richardson & Anderson, 1996).

Também é comum o uso de escova de dente elétrica para simular a polinização por vibração em flores de anteras poricidas, como o tomateiro (Tayal et al. 2020). Porém, essa operação eleva os custos de produção principalmente para o agricultor que produz em larga escala e por isso, necessita de muitas pessoas para a realização dessas técnicas (Farré & Hermoso, 1997 apud Pinto et al., 2005). Apesar de todo o esforço na tentativa de viabilização dos serviços de polinização de maneira artificial, a polinização natural é a mais eficiente e menos custosa, o que ressalta a importância de pesquisas sobre polinização em espécies de interesse agrícola (Chautá-Mellizo et al., 2012; Rader et al., 2020; Chen et al., 2021).

Pesquisas com essa temática são fundamentais para orientar pequenos e grandes agricultores, quanto a conservação da biodiversidade e manutenção da qualidade dos produtos comercializados (Hünicken et al., 2020; Jordan, et al., 2020; Pardo & Borges, 2020). Em 2019, a Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos publicou um relatório temático para orientar os tomadores de decisão na elaboração de políticas públicas relacionadas à polinização agrícola (BPBES/REBIPP, 2019). O declínio de polinizadores está impactando negativamente o rendimento das safras brasileiras, causando redução na produção de mel e outros produtos apícolas, além de redução na produção de frutos coletados por comunidades locais (BPBES/REBIPP, 2019).

O cenário de cultivo agrícola no Brasil é preocupante, quando se considera a demanda interna e de exportação. Mesmo assim, o Brasil alcança a marca mundial do 4º maior produtor

agrícola, 3º exportador agrícola e 4º produtor de frutas, o que evidencia a necessidade e importância dos polinizadores em safras brasileiras (Porto et al., 2020). Corroborando com essa informação, Barbosa et al. (2020) estimaram, a partir de estudos de modelagem para o estado de São Paulo, que até 2030, a demanda pela polinização biótica aumentará 40%, trazendo à tona a necessidade de ajustamentos no processo de polinização artificial para o natural, tendo como consequência a substituição de cultivos não dependentes de polinizadores por cultivos dependentes (Barbosa et al., 2020). Considerando o exposto, o objetivo deste estudo consiste em determinar a importância do serviço de polinização biótica para espécies de cultivos agrícolas no Brasil.

## **Metodologia**

### **Levantamento de Dados**

Foram realizadas buscas, sem restrição de ano, nos principais bancos de dados online: Web of science, scielo, scopus e google scholar. Foram coletadas informações de artigos, dissertações, teses também? e resumos publicados em anais de eventos, relacionados à polinização de espécies com uso agrícola no Brasil. Iniciamos a pesquisa utilizando os nomes comuns das espécies: ("nome científico - se houver" e "nome popular – se houver"), ("polinização" e "polinizador" ou "Brasil") com base nas espécies mencionadas no relatório temático de Polinização, Polinizadores e Produção de Alimento no Brasil (BPBES/REBIPP, 2019). Posteriormente, utilizamos as palavras-chave em português, inglês e espanhol (cultivo agrícola, polinização, espécies cultivadas, sistema reprodutivo, biologia reprodutiva, requisitos de polinização, biologia floral, características morfológicas, espécies agrícolas). Como critério de exclusão, não incluímos informações sem a autoria ou instituição que a publicou.

### **Organização dos dados**

As informações sobre as plantas foram organizadas considerando as variáveis categóricas: espécie, nome comum, família, origem, endemismo, hábito, ecossistemas estudados e usos. Consultamos cada espécie de planta no site Flora do Brasil (REFLORA, 2020) em busca de informações complementares.

De acordo com a classificação adotada a partir do Re flora (2020), o hábito de palmeira foi considerado como distinto de arbustivo. Nos estudos analisados foram coletadas informações sobre os atributos florais (forma, simetria, cor e recurso), padronizadas de acordo

com as terminologias determinadas em Weberling (1992). Os dados sobre sistema reprodutivo foram agrupados em outra planilha considerando as variáveis numéricas: número de flores e frutos para polinização natural, cruzada, autopolinização manual, autopolinização espontânea e apomixia, além da classificação do tipo de sistema reprodutivo fornecida pelo estudo (variável categórica), padronizada de acordo com Barrett (2002). Foi construído um banco de dados com informações sobre visitantes florais, polinizadores e pilhadores para cada espécie de planta, quando mencionados na literatura. Visitantes florais e polinizadores foram agrupados em nove categorias de táxons: abelha, vespa, borboleta, mariposa, esfingídeo, mosca, besouro, ave, morcego e mais uma categoria denominada insetos generalistas conforme denominado por Ollerton et al. (2019), utilizando a classificação adotada pelos estudos analisados.

## Resultados

### Contexto ambiental e cultural das espécies de cultivos agrícolas no Brasil

Foram encontradas informações para 69 espécies pertencentes a 30 famílias, com destaque em número de espécies para Arecaceae, Passifloraceae, Myrtaceae e Solanaceae (tab. 1). Entre os 19 estados brasileiros analisados, Ceará, São Paulo e Minas Gerais lideraram o ranking considerando o número de estudos realizados (fig. 1). Em relação à origem, 39% são consideradas nativas, 36% cultivadas e 25% naturalizadas. Apenas 13% do total de espécies registradas são endêmicas. Houve ocorrência de diferentes tipos de hábitos, tais como arbóreas (43%), seguida de trepadeiras (15%), palmeiras e arbustos (14% cada um), herbáceas (11%) e subarbustos (3%). Em relação aos ecossistemas, os que apresentaram mais ocorrências de estudos foram a floresta Atlântica (24%), a Amazônia (22%), o Cerrado (20%) e a Caatinga (14%). Outros ecossistemas estudados foram os Pampas e Pantanal (ambos com 8%), além de áreas antrópicas (4%). Em relação ao uso das plantas, predominou o uso alimentício (57%), seguido do industrial (22%) e medicinal (19%), (Fig. 1 e Fig 2)

### Atributos florais e reprodutivos das espécies de cultivos agrícolas no Brasil.

Foram registradas informações sobre a morfologia floral de 64 espécies, predominando a morfologia do tipo disco, seguida de flores em pincel e em formato de prato (Fig. 2a). Quanto à simetria, 86% das flores são actinomorfas e 14% zigomorfas. A maioria das espécies apresentavam flores de cor branca, seguida de amarela e vermelha (Fig. 2b). O recurso floral predominante foi o néctar (59%), seguido de pólen (38%) e óleo (3%). Como esperado, a maioria das espécies registradas são alógamas com apenas uma menção para apomixia, *Mangifera indica* L. (Manga), predominando o tipo de sistema reprodutivo auto compatível

(14%) e a autogamia (18%) (Fig. 3).

**Figura 1.**

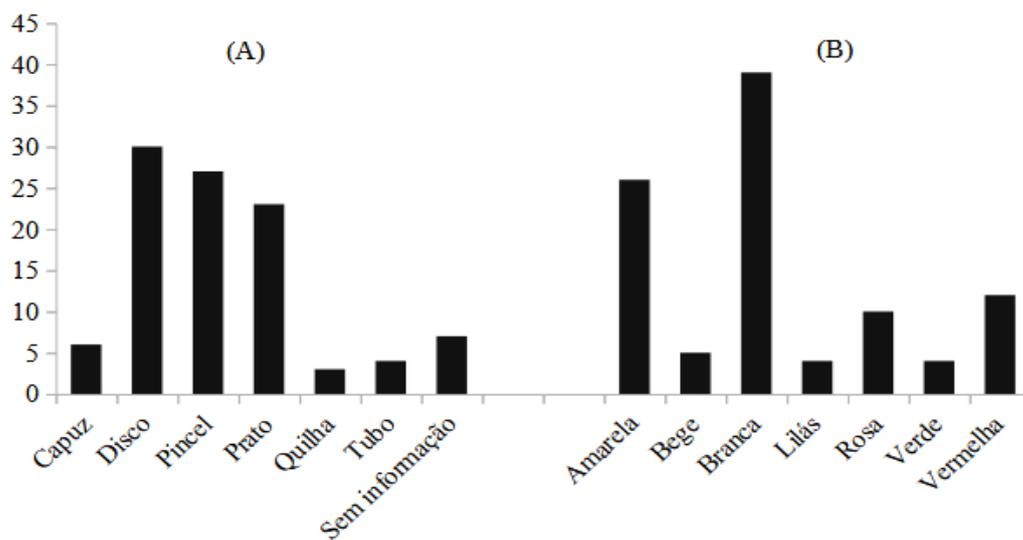
*Locais onde foram realizados estudos com cultivos agrícolas no Brasil, mostrando o quantitativo de espécies estudadas à medida que a tonalidade vai escurecendo.*



Fonte: Os autores

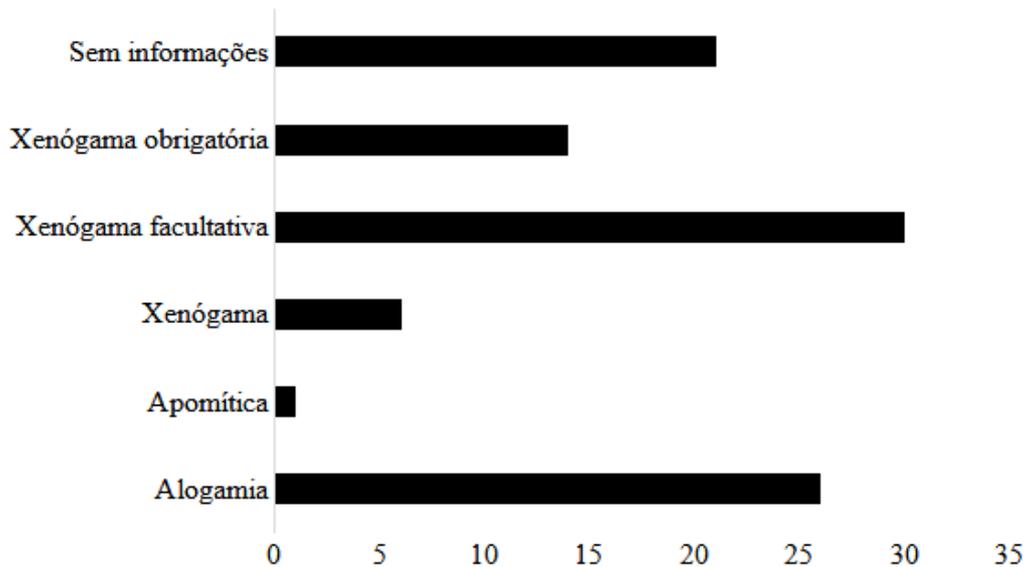
**Figura 2.**

*Percentual de morfologia (A) e cores (B) relatadas para as flores das espécies em cultivos agrícolas no Brasil.*



Fonte: Os autores

**Figura 3.**  
 Percentual de espécies de cultivo agrícola para o Brasil relacionadas ao sistema reprodutivo mencionado na literatura consultada.

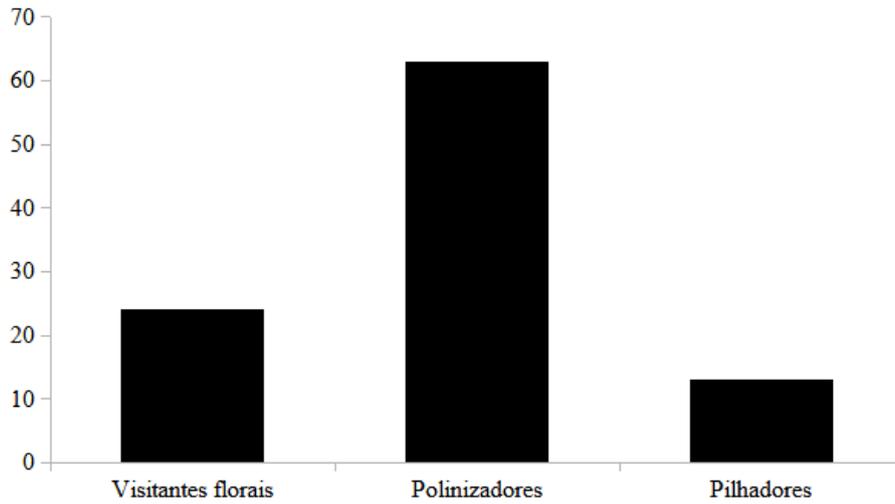


Fonte: Os autores

### Serviço de Polinização em plantas agrícolas no Brasil.

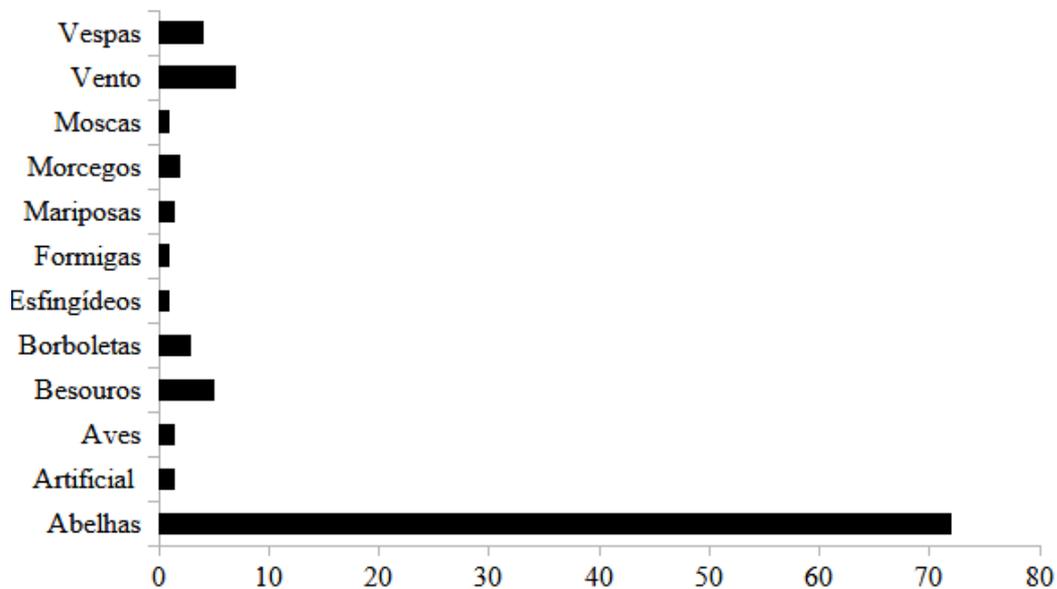
Foram mencionadas no total 85 espécies, sendo 24% visitantes florais (sem informar se polinizadores e pilhadores), 63% espécies de polinizadores e 13% espécies de pilhadores (fig. 4). O percentual de espécies que tem como registro as abelhas como polinizadores (49%) é equivalente a espécies que não possuem informação sobre os polinizadores, o que ressalta a necessidade de estudos sobre polinização em espécies agrícolas no Brasil. As abelhas (86%) foram os visitantes florais mais mencionados, seguida dos besouros (7%) e moscas (4%). Entre as moscas, apenas uma espécie de Syrphidae foi mencionada como visitante floral da berinjela (*Solanum melongena*). Em relação aos agentes de polinização, foram mencionadas predominantemente as abelhas (72%), seguida da polinização pelo vento (10%) (fig. 5). As espécies de abelhas pertencentes aos gêneros *Apis* sp., *Bombus* sp., *Trigona* sp. e *Xylocopa* sp., foram as mais citadas (anexo 1). Quanto aos pilhadores, houve maior menção para formigas (46%), seguida de abelhas (39%) e mariposas (15%), respectivamente (fig. 4b).

**Figura 4.**  
*Percentual de espécies de visitantes florais, polinizadores e pilhadores mencionados em estudos de plantas com uso em cultivos agrícolas no Brasil.*



Fonte: Os autores

**Figura 5.**  
*Percentual de espécies relacionadas aos agentes de polinização em estudos com cultivos agrícolas no Brasil.*



Fonte: Os autores

**Tabela 1 .****Famílias analisadas e trabalhos consultados**

Famílias	Estudos analisados
Anacardiaceae	(Freitas & Paxton, 1996; Lenzi & Orth, 2004; Sousa et al., 2010; Oliveira & Souza; Freitas, 2012)
Annonaceae	(Ribeiro, 2006; Cavalcante, et al., 2000)
Apocynaceae	(Darrault & Schlindwein, 2005)
Arecaceae	(Storti, 1993; K�uchmeister et al., 1997; Oliveira et al., 2002; Fava, 2010; Silva et al., 2011; Dorneles et al., 2013, Costa, 2019; Muniz et al., 2020)
Asteraceae	(Zampieron, 2008)
Bixaceae	(Mesquita, 2008)
Bromeliaceae	(Stahl et al., 2012)
Cactaceae	(Cheah & Zulkarnain, 2008)
Caricaceae	(Serrano & Cattaneo, 2010)
Caryocaraceae	(Gribel & Hay, 1993; Martins & Gribel, 2007)
Cucurbitaceae	(Souza, et al., 1999; Lattaro & Malerbo-Souza, 2006; Gama et al., 2011; Bezerra, 2014)
Ebenaceae	(Campos, 2014)
Euphorbiaceae	(Rizzardo, 2007)
Fabaceae	(Milfont et al., 2013; Gouveia et al. 2014)
Lauraceae	(Malerbo-Souza et al., 2020)
Lecythidaceae	(Santos et al., 2011)
Malpighiaceae	(Pereira & Freitas et al., 2002; Vilhena & Augusto, 2007; Siqueira, et al., 2011)
Malvaceae	(Martins et al., 2008, Lemos, 2014)
Moraceae	(Gupta et al., 2020)
Myrtaceae	(Malerbo-Souza et al., 2004; Almeida et al., 2010; Gonçalves et al., 2012; Siqueira et. al, 2012; Cordeiro, 2015; Magalhães, 2020)
Passifloraceae	(Koschnitzke & Sazima, 1997; Souza & Pereira; Martins, 2002; Freira & Oliveira Filho, 2003; Benevides, 2006)
Piperaceae	(Rech & Absy, 2011; Almeida, 2010)
Poaceae	(Santos et al., 2002; Rech & Absy, 2011; Santos et al., 2019)
Rosaceae	(Mota & Nogueira-Couto, 2002; Silva ,2009; Sezerino, 2014; Roubik et al., 2018)
Rubiaceae	(Carvalho Neto et al., 2010; Negrão, et al., 2013; Souza, 2017);
Rutaceae	(Gamito & Souza, 2006; Giannini et al, 2015)
Sapindaceae	(Lima & Oliveira, 2018; Silva et al., 2019)
Smilacaceae	(Gressler et al., 2006)

Solanaceae	(Forni-Martins et al., 1998; Silva et al, 2005; Cruz & Campos, 2008; Montemor & Malerbo Souza, 2009; Bartelli & Nogueira-Ferreira , 2014; Giannini et al., 2015)
Vitaceae	(Martignago et al., 2017)

---

Fonte: Os autores

## DISCUSSÃO

### Contexto ambiental e cultural das espécies de cultivos agrícolas no Brasil

Por ocorrerem naturalmente no ambiente, as plantas nativas já estão incorporadas na dieta de polinizadores nativos, sobretudo abelhas, o que torna o uso dessas plantas uma importante ferramenta para conservação e manutenção desses animais (Isaacs et al., 2008). Alguns autores reportam que as abelhas nativas, espécies que habitam naturalmente as paisagens agrícolas e plantas no entorno, são mais eficientes no serviço de polinização do que abelhas manejadas (Del Sarto et al., 2005; Montemor & Malerbo, 2009; Morandin et al., 2014; Pardo & Borges, 2020). Por isso, os frutos provenientes de flores polinizadas por abelhas nativas apresentam maior qualidade comercial, por exemplo. Já as abelhas manejadas como *Apis mellifera*, não são eficientes para alguns cultivos, como de maçã (Delaplane & Mayer, 2000; Stern et al., 2001).

A floresta Atlântica é um ecossistema conhecido sobretudo em decorrência da vasta exploração sofrida ao longo dos anos e, mesmo assim, ainda abriga uma alta diversidade de fauna e flora (Carlucci et al., 2021). Atualmente, há remanescentes fragmentados formando pequenas ilhas verdes, revelando o desmatamento decorrente da urbanização e da expansão agrícola (Carlucci et al., 2021). O Cerrado, assim como a floresta Atlântica, é considerado um dos “hostpots” mundiais para conservação da biodiversidade e tanto esse ecossistema, quanto a Caatinga apresentam alto índice de endemismo (Klink & Machado, 2005; Silva et al., 2014). O fato destes dois ecossistemas obterem destaque como área de ocorrência e o percentual de plantas endêmicas obtido para 69 espécies analisadas neste estudo, permite a reflexão sobre a escassez de estudos de polinização para espécies endêmicas e de uso agrícola. Deve-se considerar que muitos cultivos de espécies endêmicas são realizados nos quintais das comunidades e por isso não são considerados em relatórios sobre cultivo e produção agrícola (Porto et al., 2020).

## **Atributos florais e reprodutivos das espécies de cultivos agrícolas no Brasil.**

O sistema generalista é comum para muitas espécies vegetais e parece ser uma tendência nas espécies que são cultivadas (Mudri-Stojnić et al., 2012). Os dados de tipo floral associado à predominância da simetria actinomorfa, evidenciam uma tendência ao sistema de polinização generalista em plantas com flores relacionadas à polinização agrícola (Varassin & Amaral-Neto, 2014). As flores de cor branca são atrativas para diversos grupos animais: besouros, moscas, vespas, morcegos e mariposas e, portanto, associada aos demais atributos florais, essa cor é relacionada a sistemas generalistas de polinização (Varassin & Amaral-Neto, 2014). Flores actinomorfas tendem a apresentar maior variação de tamanho em relação às de simetria zigomorfa, essa variação é importante para a atratividade floral e o ajuste entre plantas e polinizadores em sistemas de polinização generalistas (Citerne et al., 2010). A generalização parece ser vantajosa tanto para as plantas quanto para os insetos, pois reduz o impacto negativo na reprodução causado por variações sazonais e os polinizadores nativos contribuem polinizando com maior eficiência que os manejados (Mudri-Stojnić et al., 2012; Pardo & Borges, 2020).

Infelizmente, foram registradas muitas espécies sem informações (n=15), a respeito do sistema reprodutivo, o que evidencia a necessidade de realização desses estudos. A menção xenogamia facultativa seguida da alogamia (fecundação cruzada através de flores do mesmo indivíduo ou de indivíduos distintos), mostra a necessidade do serviço de polinização biótica nos cultivos agrícolas para a manutenção de fluxo gênico e consequente formação de frutos (Ohsawa et al., 1993; Oliveira et al., 2011). Mesmo em espécies autocompatíveis, a polinização biótica tem mostrado como consequência uma melhoria na qualidade dos frutos comercializados e dessa forma, permitindo maior lucratividade para os agricultores (Richards, 2001).

## **Serviço de Polinização em plantas agrícolas no Brasil.**

A maioria das espécies de abelhas são consideradas de polinização generalista embora existam espécies especializadas para determinados atributos florais (Fründ et al., 2010), o que reforça a predominância da polinização generalista em cultivos agrícolas. A fragmentação é um dos motivos mencionados para a escassez de abelhas e redução da biodiversidade de polinizadores não abelhas (Potts et al. 2010; Rader et al., 2020). Por isso, muitos estudos com culturas agrícolas estão abordando a importância dos remanescentes de floresta nativa no

entorno dos cultivos para a manutenção do serviço de polinização e promoção do aumento na diversidade de polinizadores (Ricketts, 2004; Taki et al., 2011; Halinski et al., 2020).

Uma alternativa popularmente utilizada consiste na confecção de “hotéis” para abelhas próximos às culturas, locais construídos com madeira, folhas e serragem, que servem como locais de nidificação para algumas espécies de abelhas solitárias e abelhas nativas sem ferrão. Apesar de ser uma opção para manter as abelhas próximas às áreas de cultivo, hotéis com cavidades igual ou acima de 12mm e poucos substratos são hospitaleiros para abelhas exóticas, que por causa comportamento territorialista afugentam as nativas impedindo-as de se estabelecerem nos hotéis (Geslin et al., 2020). Por isso, a melhor saída para a produção de frutos com qualidade comercial consiste na presença de áreas de florestas nativas conservadas no entorno dos cultivos, considerando que abelhas manejadas, como *Apis mellifera*, não são polinizadoras eficientes para determinados cultivos agrícolas (Morandin et al., 2014; Yamamoto, et al., 2012; Falcão et al., 2016; Pardo e Borges, 2020; Aliscioni et al., 2021).

## **Conclusões**

Nos estudos analisados há predominância de espécies vegetais arbóreas nativas, utilizadas para uso agrícola no Brasil, predominando os ecossistemas de floresta Atlântica, Amazônia, Cerrado e Caatinga. O baixo percentual de espécies endêmicas revela a necessidade da realização de estudos de polinização com espécies cultivadas endêmicas, essas plantas são amplamente utilizadas por populações locais. As plantas cultivadas contêm, na maioria das vezes, flores com atributos florais que favorecem a polinização por abelhas generalistas. Sistemas de polinização generalistas podem garantir a polinização realizada pelas abelhas e por diferentes grupos de polinizadores ao longo do ano. Apesar da predominância de xenogamia facultativa, os percentuais de alogamia e xenogamia obrigatória reforçam a necessidade da polinização biótica para maior produtividade agrícola. É importante destacar que as abelhas generalistas nativas tendem a realizar a polinização com maior eficiência do que as manejadas para determinados cultivos agrícolas, como por exemplo, tomates e maçãs.

## **Agência financiadora**

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e pelo apoio financeiro através da bolsa concedida pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

## REFERÊNCIAS

- Almeida, E. J. D., Scaloppi, E. M. T., Jesus, N. D., Benassi, A. C., Ganga, R. M. D., & Martins, A. B. G. (2010). Propagação vegetativa de jameiro vermelho [*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & LM Perry]. *Ciência e agrotecnologia*, 34(edição especial), p. 1658-1663. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000700012>
- Barbosa, M. D. M., Carneiro, L. T., Pereira, M. F. D. C. D. S., Rodriguez, C. Z., Chagas, T. R. F., Moya, W., Bergamini, L. L., Macini, M. C. S., Paes, N. D. Giraldo, L. C. P. (2020). Future scenarios of land-use-cover effects on pollination supply and demand in São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, 20(suppl.1), e20190906. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0906>
- Bartelli, B. F., & Nogueira-Ferreira, F. H. (2014). Pollination services provided by *Melipona quadrifasciata* Lepelletier (Hymenoptera: Meliponini) in greenhouses with *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). *Sociobiology*, 61(4), p. 510-516. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.510-516>
- Benevides, C. (2006). Biologia floral e polinização de Passifloraceae nativas e cultivadas na região Norte Fluminense-RJ. [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro]. <https://uenf.br/posgraduacao/ecologia-recursosnaturais/wp-content/uploads/sites/7/2013/10/Cristine-Rodrigues-Benevides-2006.pdf>.
- Bezerra, A. (2014). Uso da abelha canudo (*Scaptotrigona* sp. nov.) na polinização do meloeiro (*Cucumis melo*) em ambiente protegido. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará]. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1102493>.
- BPBES / REBIPP. (2019). Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. (1ª ed.). Editora Cubo. [https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/03/BPBES\\_CompletoPolinizacao-2.pdf](https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/03/BPBES_CompletoPolinizacao-2.pdf)
- Campos, S. (2014). Fenologia, estudo da biologia floral, fertilidade do pólen e produção em cultivares de caqui (*Diospyros kaki* L. e *Diospyros virginiana* L.) [Dissertação de mestrado, Universidade federal do Rio Grande do Sul]. <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/97726>.
- Carvalho Neto, F. (2010). Abelhas visitantes florais e potenciais polinizadoras do café (*Coffea arabica* L.) ecológico e sombreado no Maciço de Baturité-Ceará [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará]. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/15681>.
- Cavalcante, T. (2000). Polinização manual e natural da gravioleira (*Annona muricata* L.) [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa]. <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/10158>.
- Chautá-Mellizo, A., Campbell, S. A., Bonilla, M. A., Thaler, J. S., & Poveda, K. (2012). Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. *Basic and applied ecology*, 13(6), p. 524-532. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.08.013>
- Cheah, L. S., & Zulkarnain, W. M. (2008). Status of pitaya cultivation in Malaysia. In Seminar on Pitaya: Production, Market and Export-Challenges, and Prospects. IOI Hotel and Resorts, Putrajaya, Malaysia. Site Iftnet Org. [https://www.iftnet.org/source/mainpage/newsAndEvent/contents/PDF\\_Pitaya\\_Seminar/Status%20of%20pitaya%20cultivation%20in%20Malaysia.pdf](https://www.iftnet.org/source/mainpage/newsAndEvent/contents/PDF_Pitaya_Seminar/Status%20of%20pitaya%20cultivation%20in%20Malaysia.pdf)
- Chen, K., Fijen, T. P., Kleijn, D., & Scheper, J. (2021). Insect pollination and soil organic matter improve raspberry production independently of the effects of fertilizers. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 309(1), p. 107270. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107270>
- Chittka, L., & Raine, N. E. (2006). Recognition of flowers by pollinators. *Current opinion in plant biology*, 9(4), p. 428-435. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2006.05.002>

- Citerne, H., Jabbour, F., Nadot, S., & Damerval, C. (2010). The evolution of floral symmetry. *Advances in botanical research*, 54(1), p. 85-137. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(10\)54003-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(10)54003-5)
- Cordeiro, G. (2015). Fenologia reprodutiva, polinização e voláteis florais do cambuci (*Campomanesia phaea-Myrtaceae*). [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo]. [https://www.ffclrp.usp.br/imagens\\_defesas/23\\_06\\_2017\\_09\\_54\\_43\\_45.pdf](https://www.ffclrp.usp.br/imagens_defesas/23_06_2017_09_54_43_45.pdf).
- Costa, A. (2019). Diversidade de visitantes florais e compartilhamento de polinizadores entre açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) e camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* H.B.K. [McVaugh]) [Monografia, Universidade Federal Rural da Amazônia]. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214061/1/TCC-AnielleCosta-final.pdf>
- Darrault, R. O., & Schlindwein, C. (2005). Limited fruit production in *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) and pollination by nocturnal and diurnal insects 1. *Biotropica: The Journal of Biology and Conservation*, 37(3), p. 381-388. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00050.x>
- Del Sarto, M. C. L., Peruquetti, R. C., & Campos, L. A. O. (2005). Evaluation of the neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. *Journal of Economic Entomology*, 98(2), p. 260-266. <https://doi.org/10.1093/jee/98.2.260>
- Delaplane, K. S., Mayer, D. R., & Mayer, D. F. (2000). Crop pollination by bees. CABI publishing.
- Dorneles, L. L., Padilha, M. T., Miller, P. R. M., Faria, P., Steiner, J., Zillikens, A., & Forschungszentrum, T. N. (2013). Polinização de *Euterpe edulis* (Arecaceae) por abelhas em sistema agroflorestal na ilha de Santa Catarina. *Iheringia*, 68(1), p. 47-57. [https://www.researchgate.net/profile/Paul-Miller-34/publication/266037823\\_POLINIZACAO\\_DE\\_EUTERPE\\_EDULIS\\_ARECACEAE\\_POR\\_ABELHAS\\_EM\\_SISTEMA\\_AGROFLORESTAL\\_NA\\_ILHA\\_DE\\_SANTA\\_CATARINA/links/561b9b6708aea8036724196f/POLINIZACAO-DE-EUTERPE-EDULIS-ARECACEAE-POR-ABELHAS-EM-SISTEMA-AGROFLORESTAL-NA-ILHA-DE-SANTA-CATARINA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Paul-Miller-34/publication/266037823_POLINIZACAO_DE_EUTERPE_EDULIS_ARECACEAE_POR_ABELHAS_EM_SISTEMA_AGROFLORESTAL_NA_ILHA_DE_SANTA_CATARINA/links/561b9b6708aea8036724196f/POLINIZACAO-DE-EUTERPE-EDULIS-ARECACEAE-POR-ABELHAS-EM-SISTEMA-AGROFLORESTAL-NA-ILHA-DE-SANTA-CATARINA.pdf)
- Faegri, K., & Van Der Pijl, L. (2013). Principles of pollination ecology. Oxford, Pergamon Press.
- Farré, J. M.; Hermoso, J. M. (1997). El Chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) en España. Anonáceas, produção e mercado (Pinha, Graviola, Atemóia e Cherimólia) apud Pinto, A. D. Q., Cordeiro, M. C. R., De Andrade, S. R. M., Ferreira, F. R., Filgueiras, H. D. C., Alves, R. E., & Kinpara, D. I. (2005). *Annona* species. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/890581/1/pinto01.pdf>
- Fava, W. (2010). *Attalea phalerata* e *Bactris glaucescens* (Arecaceae, Arecoideae): fenologia e ecologia da polinização no Pantanal, Brasil [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul]. <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/1533>.
- Figueiredo, R. A. (2000). Biologia floral de plantas cultivadas. Aspectos Teóricos de um tema praticamente desconhecido no Brasil. *Revista Argumento*, 2(3), p. 8-27. <https://revistas.anchieta.br/index.php/revistaargumento/article/view/349>.
- Forni-martins, E. R., MARQUES, M. C. M., & LEMES, M. R. (1998). Biologia floral e reprodução de *Solanum paniculatum* L.(Solanaceae) no estado de São Paulo, Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, 21 (2), p. 117-124. <https://doi.org/10.1590/S0100-84041998000200002>
- Freitas, B. M., & Oliveira Filho, J. H. D. (2003). Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). *Ciência Rural*, 33(6), p. 1135-1139. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000600021>

- Freitas, B. M., & Paxton, R. J. (1996). The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil. *The Journal of Agricultural Science*, 126(3), p. 319-326. <https://doi.org/10.1017/S0021859600074876>
- Fründ, J., Linsenmair, K. E., & Blüthgen, N. (2010). Pollinator diversity and specialization in relation to flower diversity. *Oikos*, 119(10), p. 1581-1590. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18450.x>
- Gama, D., Araújo, D., Santos, F., Siqueira, K., Kiill, L. (2011). Características dos frutos obtidos por polinização aberta do melão amarelo (*Cucumis melo* L.). In: Congresso Nacional de Botânica, 62, 2011, Fortaleza. Botânica e desenvolvimento sustentável: anais. Fortaleza. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/903491/1/KIILL.pdf>
- Gamito, L. M., & Malerbo-Souza, D. T. (2006). Visitantes florais e produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 28(4), p. 483-488. <https://www.redalyc.org/pdf/3031/303126485015.pdf>
- Geeta, R., & Berry, E. (2020). Floral symmetry—what it is, how it forms, and why it varies. In: Tandon, R, Shivana, S. R., & Koul, M. Reproductive Ecology of Flowering Plants: Patterns and processes (pp. 131-155). Springer, Singapore.
- Geslin, B., Gachet, S., Deschamps-Cottin, M., Flacher, F., Ignace, B., Knoploch, C., Meinéri, E., Robles, C., Ropars, L., Shurr, L., Le Féon, V. (2020). Bee hotels host a high abundance of exotic bees in an urban context. *Acta Oecologica*, 105(1), 103556. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103556>
- Giannini, T. C., Cordeiro, G. D., Freitas, B. M., Saraiva, A. M., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2015). The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. *Journal of economic entomology*, 108(3), p. 849-857. <https://doi.org/10.1093/jee/fov093>
- Gonçalves, E., Medeiros, R., Krolow, A. C., Vizzoto, M. (2012). Elaboração de azeitonas de mesa de qualidade. Site Embrapa Clima Temperado. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/939338/1/Digitalizar0001.pdf>
- Gong, Y. B., & Huang, S. Q. (2009). Floral symmetry: pollinator-mediated stabilizing selection on flower size in bilateral species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276 (1675), p. 4013-4020. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1254>
- Gouveia, C. S., Freitas, G., Brito, J. H. D., Slaski, J. J., & Carvalho, M. Â. (2014). Nutritional and mineral variability in 52 accessions of common bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) from Madeira Island. *Agricultural Sciences*, 5(04), p. 317-329. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2014.54034>
- Gressler, E., Pizo, M. A., & Morellato, L. P. C. (2006). Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, 29 (4), p. 509-530. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000400002>
- Gribel, R., & Hay, JD. (1993). Ecologia da polinização de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) em vegetação de cerrado do Brasil Central. *Jornal de ecologia tropical*, 9(2), p. 199-211. <https://doi.org/10.1017/S0266467400007173>
- Sánchez, E., González, J., Oteyza, M. Á., Bello, J., Massip, J. (1992) *Polinización artificial del chirimoyo*. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Gupta, A. K., Rather, M. A., Kumar Jha, A., Shashank, A., Singhal, S., Sharma, M., Pathak, U., Sharma, D., Mastinu., A. (2020). *Artocarpus lakoocha* roxb. and *Artocarpus heterophyllus* lam. Flowers: New sources of bioactive compounds. *Plants*, 9(10), p. 1329. <https://doi.org/10.3390/plants9101329>

- Hünicken, P. L., Morales, C. L., García, N., & Garibaldi, L. A. (2020). Insect pollination, more than plant nutrition, determines yield quantity and quality in apple and pear. *Neotropical Entomology*, 49(4), p. 525-532. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00763-0>
- Jordan, A., Patch, H. M., Grozinger, C. M., & Khanna, V. (2021). Economic dependence and vulnerability of United States agricultural sector on insect-mediated pollination service. *Environmental science & technology*, 55(4), p. 2243-2253. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.0c04786>
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274 (1608), p. 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Koschnitzke, C., & Sazima, M. (1997). Biologia floral de cinco espécies de Passiflora L. (Passifloraceae) em mata semidecídua. *Brazilian Journal of Botany*, 20(2), p. 119-126. <https://doi.org/10.1590/S0100-84041997000200002>
- Küchmeister, H., Silberbauer-Gottsberger, I., & Gottsberger, G. (1997). Flowering, pollination, nectar standing crop, and nectaries of Euterpe precatoria (Arecaceae), an Amazonian rain forest palm. *Plant Systematics and Evolution*, 206(1), p. 71-97. <https://doi.org/10.2307/23643374>
- Lattaro, L. H., & Souza, D. T. M. (2006). Polinização entomófila em abóbora caipira, Cucurbita mixta (Cucurbitaceae). *Acta Scientiarum Agronomy*, 28 (4), p. 563-568. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i4.898>
- Lemos, C. (2014). Abelha Plebeia cf. flavocincta como potencial polinizador do cacauzeiro (Theobroma cacao L.) no semiárido brasileiro. [Dissertação de Mestrado, Curso de pós-graduação em zootecnia]. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/17100>
- Lenzi, M., & Orth, A. I. (2004). Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*, 17(2), p. 67-89. <https://doi.org/10.5007/%25x>
- Magalhães, J. V. (2020) Fenologia, polinização e biologia reprodutiva da goiabeira (Psidium guajava var. 'paluma', Myrtaceae) em cultura irrigada no semiárido. [Monografia, Universidade Federal da Paraíba]. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/17718>
- Malerbo-Souza, D. T., Nogueira-Couto, R. H., & de Alencar Arnaut, V. (2004). Abelhas visitantes nas flores da jabuticabeira (Myrciaria cauliflora Berg.) e produção de frutos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26(1), p. 1-4. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v26i1.1890>
- Malerbo-Souza, D. T., de Toledo, V. D. A. A., da Silva, S. R., & Sousa, F. F. (2000). Polinização em flores de abacateiro (Persea americana Mill.). *Acta Scientiarum Agronomy*, 22(4), p. 937-941. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v22i0.2841>
- Martignago, M., Martins, R., & Harter-Marques, B. (2017). Honey bee contribution to 'Bordô' grapevine fruit production in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(3), p. 1-6. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017155>
- Martins, C. F., Zanella, F. C. V., De Melo, R. R., & Camarotti, M. D. F. (2008). Visitantes florais e polinização do algodoeiro (Gossypium hirsutum L.) no semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, 12(3), p. 107-117. [https://www.researchgate.net/profile/Rafael-Melo-10/publication/237801185\\_VISITANTES\\_FLORAIS\\_E\\_POLINIZACAO\\_DO\\_ALGODOEIRO\\_Gossypium\\_hirsutum\\_L\\_NO\\_SEMI-ARIDO\\_NORDESTINO1/links/0046351f05b006f141000000/VISITANTES-FLORAIS-E-](https://www.researchgate.net/profile/Rafael-Melo-10/publication/237801185_VISITANTES_FLORAIS_E_POLINIZACAO_DO_ALGODOEIRO_Gossypium_hirsutum_L_NO_SEMI-ARIDO_NORDESTINO1/links/0046351f05b006f141000000/VISITANTES-FLORAIS-E-)

POLINIZACAO-DO-ALGODOEIRO-Gossypium-hirsutum-L-NO-SEMI-ARIDO-NORDESTINO1.pdf

- Martins, R. L. & Gribel, R. (2007). Polinização de *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. (Caryocaraceae) uma árvore emergente da Amazônia Central. *Brazilian Journal of Botany*, 30(1), p. 37-45. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000100005>
- Mesquita, F. (2008) Abelhas visitantes das flores do urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) e suas eficiências de polinização. [Dissertação de mestrado, Universidade federal do Ceará]. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/15679>
- Milfont, M., Rocha, E. E. M., Lima, A. O. N. & Freitas, B. M. (2013). Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. *Environmental chemistry letters*, 11(4), p. 335-341. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-013-0412-8>
- Morandin, L. A., Long, R. F. & Kremen, C. (2014). As cercas vivas aumentam os insetos benéficos nos campos de tomate adjacentes em uma paisagem agrícola intensiva. *Agricultura, Ecosystemas e Meio ambiente*, 189 (1), p. 164-170. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.03.030>.
- Montemor, K. A. & Malerbo Souza, D. T. (2009). Biodiversidade de polinizadores e biologia floral em cultura de berinjela (*Solanum melongena*). *Zootecnia Tropical*, 27(1), p. 097-103. <https://ve.scielo.org/pdf/zt/v27n1/art12.pdf>
- Mota, M. O. S. D. & Nogueira-Couto, R. H. (2002). Polinização entomófila em pessegueiro (*Prunus persica* L.). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 39(3), p. 124-128. <https://ve.scielo.org/pdf/zt/v27n1/art12.pdf>
- Mudri-Stojnić, S., Andrić, A., Jozan, Z. & Vujić, A. (2012). Pollinator diversity (Hymenoptera and Diptera) in semi-natural habitats in Serbia during summer. *Archives of biological sciences*, 64(2), p. 777-786. <https://doi.org/10.2298/ABS1202777S>
- Muniz, V. I. M. D. S., Braga, P. E. T. & Alves, J. E. (2020). Frequência de coletores florais do Coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no litoral do município de Acaraú (Ceará-Brasil). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 8(2), p. 1-10. <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/303>
- Negrão, E., Santos, T., Pantoja, M., Maués, M. (2013). Características sobre a biologia da polinização e dispersão de sementes de espécies prioritárias para o manejo florestal no estado do Pará. In: Embrapa Amazônia Oriental-Resumo em anais de congresso. In: Congresso Nacional de Botânica, 64 Encontro Regional de Botânicos. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/982261/1/resumoin20596id5054.pdf>
- Oliveira, G. F., Nascimento, A. C. C., Nascimento, M., Sant'Anna, I. D. C., Romero, J. V., Azevedo, C. F., Bhering, L. & Moura, E. T. C. (2021). Quantile regression in genomic selection for oligogenic traits in autogamous plants: A simulation study. *Plos one*, 16(1), e0243666. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243666>
- Oliveira, M. D. S. P., Padilha, N. C. C. & Fernandes, T. S. D. (2002). Ecologia da Polinização de *Oenocarpus mapora* Karsten. (Arecaceae) nas Condições de Belém (Pa). *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 1(38), p. 91-106. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/403519/1/232090961PB.pdf>
- Oliveira, M. O., de Souza, F. X. & Freitas, B. M. (2012). Abelhas visitantes florais, eficiência polinizadora e requerimentos de polinização na cajazeira (*Spondias mombin*) Bee floral visitors, pollination efficiency and pollination requirements in *Spondias mombin*. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 10(3), p. 277-284. <https://doi.org/10.7213/academica.7711>

- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120 (3), p. 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Pardo, A., & Borges, P. A. (2020). Worldwide importance of insect pollination in apple orchards: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 293(1), 106839. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106839>
- Pereira, J. O. P., & Freitas, B. M. (2002). Estudo da biologia floral e requerimentos de polinização do muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.). *Revista Ciência Agronômica*, 33(2), p. 5-12. [https://www.researchgate.net/profile/Breno-Freitas/publication/259431463\\_Estudo\\_da\\_biologia\\_floral\\_e\\_requerimentos\\_de\\_polinizacao\\_do\\_muricizeiro\\_Byrsonima\\_crassifolia\\_L/links/odeec52b83ed5e42b8000000/Estudo-da-biologia-floral-e-requerimentos-de-polinizacao-do-muricizeiro-Byrsonima-crassifolia-L.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Breno-Freitas/publication/259431463_Estudo_da_biologia_floral_e_requerimentos_de_polinizacao_do_muricizeiro_Byrsonima_crassifolia_L/links/odeec52b83ed5e42b8000000/Estudo-da-biologia-floral-e-requerimentos-de-polinizacao-do-muricizeiro-Byrsonima-crassifolia-L.pdf)
- Porto, R. G., de Almeida, R. F., Cruz-Neto, O., Tabarelli, M., Viana, B. F., Peres, C. A. & Lopes, A. V. (2020). Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. *Food Security*, 12(6), p. 1425-1442. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01043-w>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, 25 (6), p. 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Rader, R., Cunningham, S. A., Howlett, B. G. & Inouye, D. W. (2020). Non-bee insects as visitors and pollinators of crops: Biology, ecology, and management. *Annual review of entomology*, 65(1), p. 391-407. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025055>
- Rech, A. R., & Lúcia Absy, M. (2011). Pollen sources used by species of Meliponini (Hymenoptera: Apidae) along the Rio Negro channel in Amazonas, Brazil. *Grana*, 50(2), p. 150-161. <https://doi.org/10.1080/00173134.2011.579621>
- REFLORA. Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>.
- Ribeiro, G. (2006). Aspectos da biologia floral relacionados à produção de sementes e frutos de pinha (*Annona squamosa* L.). [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia]. <http://www2.uesb.br/ppg/ppgagronomia/wp-content/uploads/2020/10/generosa-souza-ribeiro.pdf>
- Richardson, A. C., & Anderson, P. A. (1996). Hand pollination effects on the set and development of cherimoya (*Annona cherimola*) fruit in a humid climate. *Scientia Horticulturae*, 65(4), p. 273-281. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(96\)00878-3](https://doi.org/10.1016/0304-4238(96)00878-3)
- Rizzardo, R. A. G. (2007). O papel de *Apis mellifera* L. como polinizador da mamoneira (*Ricinus communis* L.): Avaliação da eficiência de polinização das abelhas e incremento de produtividade da cultura. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará]. [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19044/1/2007\\_dis\\_ragizzardo.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19044/1/2007_dis_ragizzardo.pdf)
- Roselino, A. C. (2005). Polinização em culturas de pimentão–*Capsicum annum* por *Melipona quadrifasciata anthidioides* e *Melipona scutellaris* e de morango–*Fragaria x ananassa* por *Scaptotrigona aff. depilis* e *Nannotrigona testaceicornis* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo]. <https://pdfs.semanticscholar.org/facd/3387d2d1cof74d61eb607061b260922a105f.pdf>
- Roubik, D. W., Heard, T. A., & Kwapong, P. (2018). Capítulo 13: Stingless bee colonies and pollination. In: Roubick, David. *The pollination of cultivated plants: A compendium for practitioners* (39-64). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Santos, G. C., Pedri, E. C., Rodrigues, A., Pena, G., & Rossi, A. A. (2019). Aspectos Reprodutivos do Milho Híbrido Simples 2b810 Pw (Dow) (*Zea Mays* L.) Cultivado em Alta Floresta, Mato Grosso. *Enciclopédia Biosfera*, 16(29), p. 292-301. [https://doi.org/10.18677/EnciBio\\_2019A20](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2019A20)
- Santos, T. F., Maués, M. M., Figueiredo, D. M., & MOURA, T. (2011). Biomonitoramento de abelhas da subtribo euglossina (Hymenoptera: Apoidea) em um plantio de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) em Belém, Pará. In: Embrapa Amazônia Oriental. [https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/899905/1/ResumoPibic2011CORRIGID\\_O.pdf](https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/899905/1/ResumoPibic2011CORRIGID_O.pdf)
- Serrano, L. A. L., & Cattaneo, L. F. (2010). O cultivo do mamoeiro no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(3), p. 657-959. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010000300001>
- Sezerino, A. A. (2014). A polinização da pereira europeia (*Pyrus communis* L. cv. Rocha) no sul do Brasil. [Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina]. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/129112/329615.pdf?sequence=1>
- Silva, E. (2009). Polinização da macieira (*Malus Domestica* Borkh) na Chapada Diamantina, BA. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia]. <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/12707/1/output.pdf>
- Silva, E. M. S., Freitas, B. M., da Silva, L. A., de Oliveira Cruz, D., & Bomfim, I. G. A. (2005). Biologia floral do pimentão (*Capsicum annum*) e a utilização da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como polinizador em cultivo protegido. *Revista Ciência Agronômica*, 36(3), p. 286-290. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010000300001>
- Silva, M. L. M. (2019). Biologia reprodutiva e maturação de sementes de *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. [Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba]. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/14737/1/TA199.pdf>
- Silva, R. A. R., Rocha, T., Marinho, A., Fajardo, C., & Vieira, F. (2011). Etnoecologia e etnobotânica da palmeira carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill) HE Moore) no semiárido do vale do Rio Açu, RN. In: Congresso de Ecologia do Brasil. <http://seb-ecologia.org.br/revistas/indexar/anais/xceb/resumos/710.pdf>
- Siqueira, K. M. M., Kiill, L. H. P., Martins, C. F., & Silva, L. T. (2012). Ecologia da polinização de *Psidium guajava* L. (Myrtaceae): riqueza, frequência e horário de atividades de visitantes florais em um sistema agrícola. In: Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/944294/1/kiilllll.pdf>
- Siqueira, K. M. M., Martins, C. F., Kiill, L. H. P., & Silva, L. T. (2011). Estudo comparativo da polinização em variedades de aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC, Malpighiaceae). *Revista Caatinga*, 24(2), p. 18-25. <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237117605003.pdf>
- Sousa, F. (2017). Anatomia e ultraestrutura de coléteres de *Genipa americana* L. (Rubiaceae). [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará]. [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/26636/3/2017\\_dis\\_fxsousa.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/26636/3/2017_dis_fxsousa.pdf)
- Sousa, J. H., Pigozzo, C. M., & Viana, B. F. (2010). Polinização de manga (*Mangifera indica* L.-anacardiaceae) variedade Tommy Atkins, no vale do São Francisco, Bahia. *Oecologia Australis*, 14(1), p. 165-173. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.09>
- Souza, D. T. M., Tadeu, A. M., Bettini, P. C., & de Toledo, V. D. A. A. (1999). Importância dos insetos na produção de melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.)-Cucurbitaceae. *Acta Scientiarum Agronomy*, 21(3), p. 579-583. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v21i0.4289>
- Souza, M. D., Pereira, T. N. S., & Martins, E. R. (2002). Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-

- amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). *Ciência e agrotecnologia*, 26(6), p. 1209-1217. [https://www.academia.edu/download/7655203/26-6-2002\\_13.pdf](https://www.academia.edu/download/7655203/26-6-2002_13.pdf)
- Stahl, J. M., Nepi, M., Galetto, L., Guimarães, E., & Machado, S. R. (2012). Functional aspects of floral nectar secretion of *Ananas ananassoides*, an ornithophilous bromeliad from the Brazilian savanna. *Annals of Botany*, 109(7), p. 1243-1252. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs053>
- Stern, R., Eisikowitch, D., & Dag, A. (2001). Sequential introduction of honeybee colonies and doubling their density increases cross-pollination, fruit-set and yield in 'Red Delicious' apple. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76(1), p. 17-23. <https://doi.org/10.1080/14620316.2001.11511320>
- Storti, E. F. (1993). Biologia floral de *Mauritia flexuosa* Lin. Fil, na região de Manaus, AM, Brasil. *Acta amazônica*, 23(4), p. 371-381. <https://www.scielo.br/j/aa/a/gPmbwVtbPfYYZ6r6FG7Rmvx/?format=pdf&lang=pt>
- Tayal, M., Chavana, J., & Kariyat, R. R. (2020). Efficiency of using electric toothbrush as an alternative to a tuning fork for artificial buzz pollination is independent of instrument buzzing frequency. *BMC ecology*, 20(1), p. 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12898-020-00278-7>
- Varassin, I., Amaral-Neto, L., (2014). Atrativos. In: Rech, A., Agostini, K., Oliveira, P. Machado, I (Org.). *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural.
- Vilhena, A. M. G. F., & Augusto, S. C. (2007). Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro. *Bioscience Journal*, 23(1), p. 14-23. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/6800/4492/0>
- Waser, N. M., & Ollerton, J. (Eds.). (2006). *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. University of Chicago Press.
- Zampieron, S. L. M. (2008). Estudo da fenologia, biologia floral do girassol (*Helianthus annuus*, Compositae) e visitantes florais associados, em diferentes estações do ano. *Ciência et Praxis*, 1(01), p. 5-14. <https://revista.uemg.br/index.php/praxys/article/download/2072/1065>