

Efeito da distância de remanescentes florestais sobre a polinização em cultivos agrícolas: uma meta-análise

Gleycon Velozo da Silva^{1*}, Rafaela Oliveira de Jesus², Marina Wolowski²,
Tatiana de Oliveira Ramos³

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia, Aleixo, Manaus, Amazonas

²Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Minas Gerais

³Faculdade Estácio Amazonas, Manaus, Amazonas

Original Article

*Corresponding author:
gleyconvs@gmail.com

Received in 26/03/2025

Accepted on 27/06/2025

Published in 11/08/2025

DOI:
[https://doi.org/10.34062/
rm4m4w76](https://doi.org/10.34062/rm4m4w76)

RESUMO: A polinização é um serviço ecossistêmico imprescindível para a manutenção da biodiversidade e produção de alimentos. Estimativas recentes apontam que a polinização realizada por animais beneficia cerca de 87,5% das espécies botânicas conhecidas. A conservação de habitats naturais é fundamental para a manutenção de recursos ambientais necessários aos polinizadores, como recursos florais e locais de nidificação. Nesse estudo, avaliamos o efeito da distância de remanescentes florestais sobre a polinização e produção de cultivos agrícolas, por meio de uma meta-análise. As variáveis-respostas analisadas foram a diversidade (riqueza e abundância) de polinizadores, taxa de visitação nos cultivos agrícolas, produção de sementes, taxa de frutificação e peso do fruto. Foram revisados 39 estudos que representaram 165 casos. O tamanho do efeito foi negativo para frutificação (-0.41), diversidade (-0.98) e riqueza (-0.86) de polinizadores. Os resultados desta meta-análise indicam que a proximidade de cultivos agrícolas a remanescentes florestais exerce influência positiva sobre a diversidade e a riqueza de polinizadores, refletindo-se em maiores taxas de frutificação e aumento no peso dos frutos. Esses achados reforçam a importância da conservação de habitats naturais como estratégia para promover serviços ecossistêmicos essenciais à produtividade agrícola.

Palavras-chave: Conservação de fragmentos florestais; Polinizadores; Serviço ecossistêmico.

Impact of distance from forest remnants on pollination in agroecosystems

ABSTRACT: Pollination is an essential ecosystem service for maintaining biodiversity and food production. Recent estimates indicate that pollination by animals benefits approximately 87.5% of known botanical species. The conservation of natural habitats is essential for maintaining environmental resources needed by pollinators, such as floral resources and nesting sites. In this study, we evaluated the effect of distance from forest remnants on pollination and production of agricultural crops through a meta-analysis. The response variables analyzed were pollinator diversity (richness and abundance), visitation rate in agricultural crops, seed production, fruiting rate, and fruit weight. Thirty-nine studies representing 165 cases were reviewed. The effect size was negative for fruiting (-0.41), diversity (-0.98), and richness (-0.86) of pollinators. The results of this meta-analysis indicate that the proximity of agricultural crops to forest remnants has a positive influence on pollinator diversity and richness, resulting in higher fruit set rates and increased fruit weight. These findings reinforce the importance of conserving natural habitats as a strategy to promote ecosystem services essential to agricultural productivity.

Keywords: Conservation of forest fragments; Pollinators; Ecosystem service.

Introdução

A polinização é um serviço ecossistêmico de grande importância para a manutenção da biodiversidade e para a produção de alimentos (IPBES 2016; Barbiéri e Francoy 2020; Paiva e Almeida 2020). A maior parte dos alimentos por nós consumidos são polinizados por abelhas, mas outros animais são importantes como besouros, borboletas, mariposas, aves, vespas, moscas, morcegos e hemípteros (BPBES, 2019). A polinização é um serviço ecossistêmico regulatório, de provisão e cultural (IPBES 2016). A polinização realizada por animais nativos pode contribuir de forma eficaz para a polinização de cultivos agrícolas, inclusive melhorando o rendimento do peso e o número de sementes (Rader et al. 2015; Garibaldi et al. 2018; Velozo-Silva et al. 2024). Além disso, a polinização dá suporte a outros serviços ecossistêmicos, contribuindo para o aumento na produção agrícola e auxiliando o controle natural de pragas, a ciclagem de nutrientes e a conservação da biodiversidade (Righi e Bernardes 2015; Pascual et al. 2017; Tamburini et al. 2019).

Uma maior disponibilidade de recursos florais causa efeitos positivos no serviço ecossistêmico de polinização (Holland et al. 2017; Garibaldi et al. 2018). Quando um cultivo está localizado próximo a remanescentes florestais, ocorre uma maior taxa de visitação dos polinizadores e isso beneficia a produção agrícola (Piratelli et al. 2017; Neto et al. 2018). Isso pode ser explicado pelo fato de que áreas de remanescentes florestais podem servir como abrigos para os polinizadores, fornecendo locais para nidificação e forrageamento, aumentando assim a taxa de visitação nas adjacências (Rollings e Goulson 2019).

A recorrente perda de habitats naturais para a implantação de extensas áreas de cultivo e pastagens tem colocado as espécies de polinizadores em risco. Desta forma, é relevante levar em consideração a estrutura da paisagem no entorno dos cultivos agrícolas para definir estratégias de conservação de polinizadores (Saturni et al. 2016). Com um entorno mais conservado, tende-se a ter maior diversidade de polinizadores e quanto mais distante de um remanescente florestal, menor deve ser a ocorrência de determinadas espécies no cultivo, o que pode variar de acordo com o tamanho do corpo dos polinizadores. Em relação às abelhas, as pequenas possuem menor capacidade de voo comparado às abelhas médias e grandes, e além disso, outros fatores como as condições ambientais (temperatura e umidade) também influenciam na capacidade de voo das abelhas (Aleixo et al. 2017). Assim, a capacidade de voo é um fator que se deve levar em consideração para a conservação de polinizadores em paisagens fragmentadas e pode ser visto como um fator chave na sobrevivência de muitas espécies (Aleixo et al. 2017; Jaroszewicz et al. 2017; Rihan et al. 2017; Mayes et al. 2019).

Nesta revisão, avaliamos o efeito da distância do remanescente florestal sobre sete variáveis-res-

posta relacionadas à polinização e produção de cultivos agrícolas (riqueza, abundância e diversidade de polinizadores, taxa de visitação, taxa de frutificação, peso do fruto e produção de sementes). O objetivo desta meta-análise foi testar a hipótese do quanto a distância do cultivo agrícola em relação ao remanescente florestal pode influenciar na riqueza, abundância, diversidade e taxa de visitação de polinizadores, e analisar quais lacunas permanecem em relação a estas análises.

Material e Métodos

A revisão sistemática da literatura foi feita na base de periódicos Web of Science® utilizando as seguintes combinações de palavras-chave sem limite de datas até o mês maio de 2018: (crop* or cultiv*) and (pollination OR “reproductive success” OR fitness OR visitation) and (forest OR shade* OR agroforestry OR agroecosystem OR distance). Foram utilizados como critérios de inclusão, os artigos que possuíam dados de riqueza ou abundância ou diversidade de polinizadores ou taxa de visitação ou taxa de frutificação ou peso do fruto ou produção de sementes e que estes estivessem relacionados a distância do fragmento florestal ou da borda da mata para o cultivo.

Inicialmente, foram encontrados 1093 artigos. Após a leitura dos resumos dos artigos, foram excluídos 963 artigos por não possuírem os dados definidos como critérios de inclusão, restando, portanto, 130 artigos para análise. Destes 130 artigos, 91 foram excluídos por não conterem dados estatísticos (e.g. valores de r , Teste F, Test Z, Teste t ou R^2) nos resultados. Desta forma, estes estudos não foram incluídos uma vez que estes dados são essenciais para o cálculo do tamanho de efeito. Um conjunto final de 39 artigos com diferentes testes abordados publicados no período de 2003 a 2018, foi incluído nesta meta-análise, resultando em 165 casos que representam dados de 23 cultivos agrícolas.

Análise de dados

Os estudos reportaram a relação entre a distância do remanescente florestal e as variáveis-resposta através do Teste F (61 casos), R^2 (36 casos), Teste Z (29 casos), coeficiente de correlação (r) (25 casos), e Teste t (16 casos). O tamanho do efeito para cada caso foi calculado através do z de Fisher. A variância de z foi calculada a partir dos valores de correlação (r) e do tamanho amostral (n) de cada caso. Para os casos que apresentaram os valores do teste Z, utilizou-se a fórmula Z/N para obter os valores de r (29 casos). Estes valores foram calculados a partir das equações (1) a (3).

$$z = 0.5 \times \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right) \quad (1)$$

$$V_2 = \frac{1}{n - 3} \quad (2)$$

$$r = \frac{Z}{N} \quad (3)$$

Para a normalização dos dados, o tamanho do efeito foi calculado pela diferença média estandarizada, com o objetivo de encaixar as variáveis em uma faixa de valores no intervalo de 0,1. O tamanho do efeito foi interpretado em três categorias: 1) ausência de relação entre as variáveis quando o r está próximo de zero ou é não significativo; 2) relação positiva quando está próximo de 1 e é significativo; e 3) relação negativa está próximo de -1 e é significativo. A magnitude do tamanho do efeito foi interpretada como pequena, ($r \geq 0,10$); média ($r \geq 0,30$) ou grande ($r \geq 0,50$) (Cohen 1977).

O tamanho do efeito global para cada variável resposta afim de minimizar a dispersão dos dados intraestudos de todos os casos analisados e o intervalo de confiança de 95%, calculados pelo limite inferior e superior, foram calculados conforme as equações (4) a (6) (Koricheva et al. 2013).

$$\bar{ES} = \sum \frac{(W \times ES)}{\sum w} \quad (4)$$

$$\bar{ES} - 1.96(se\bar{ES}) \quad (5)$$

$$\bar{ES} + 1.96(se\bar{ES}) \quad (6)$$

Resultados

Os cultivos analisados nesta meta-análise foram atemóia, alfafa, trevo, trigo, canola, amêndoia, girassol, melancia, café, caju, dendê, feijão bóier, longan, macadâmia, manga, maracujá amarelo, mirtilo, oliveira, pepino, pinhão-manso, rambutão, tomate. Os respectivos valores dos testes estatísticos de cada cultivo encontram-se no material suplementar. Os resultados do tamanho do efeito global e dos intervalos de confiança estão representados na Tabela 1.

Dentre os 165 casos analisados nesta meta-análise, a maioria reportou a abundância (64 casos) e riqueza (48 casos), seguido pela visitação (30 casos), frutificação (17 casos), diversidade (cinco casos) e peso (um caso). Para a abundância de polinizadores, o tamanho do efeito global foi de 0,20, possuindo uma magnitude pequena. Os intervalos de confiança de mínimo e máximo foram respectivamente -0,57 (inferior) e 0,78 (superior). Esta variável resposta não é significativa pois seu intervalo de confiança cruza

o zero. Isso prediz que a distância de um fragmento florestal pouco interfere na abundância de polinizadores.

Tabela 1. Valores do tamanho do efeito global e dos intervalos de confiança para cada variável resposta analisada no estudo.

Table 1. Values of the overall effect size and confidence intervals for each response variable analyzed in the study.

VR	ICL	ICU	TEG
Abundância polinizadores	-0.49	0.78	0.2
Riqueza polinizadores	-0.86	-0.29	-0.86*
Visitação polinizadores	-0.49	0.36	-0.49
Frutificação	-0.96	0.81	-0.41
Diversidade polinizadores	-0.98	0.71	-0.98
Todos os casos	-0.89	0.19	-0.66

*Resultado significativo. Legenda: VR - Variáveis respostas; ICL - Intervalo de confiança Lower (z valor); ICU - Intervalo de confiança Upper (z valor); TEG - Tamanho do efeito global (z valor).

O maior grupo funcional foi o das abelhas com 133 análises. Houve 24 análises realizadas onde os autores não especificaram qual o grupo funcional, mencionando como insetos. Os demais grupos incluídos foram besouros (7 análises), vespas e borboletas (6 análises), e apenas uma análise mencionando morcegos.

A riqueza de polinizadores apresentou um tamanho de efeito global de -0,86 e seus intervalos de confiança são de -0,98 (inferior) e -0,29 (superior). Estes resultados são significativos, quanto maior a distância de um remanescente florestal, menor será a riqueza de polinizadores no cultivo agrícola. O tamanho do efeito global para visitação foi de -0,49, possuindo assim uma magnitude grande. Os valores dos intervalos de confiança são de -0,90 para inferior e de 0,36 para superior. Embora o efeito global seja de magnitude grande, o intervalo de confiança não é significativo, pois cruza o zero. Desta forma, a taxa de visitação não é influenciada pela distância do fragmento. O valor do tamanho do efeito global para a taxa de frutificação foi de -0,41 com intervalo de confiança -0,96 (inferior) e 0,81 (superior).

Nota-se que o sucesso reprodutivo (frutificação) possui uma correlação negativa forte. Entretanto os intervalos de confiança cruzam o zero, ou seja, os resultados mostram que a distância de

um remanescente florestal do cultivo não interfere na taxa de frutificação. Ao analisar a diversidade, nota-se que esta variável-resposta possui uma relação negativa alta em seu efeito global de -0,98 com intervalo de confiança de -1 (inferior) e 0,71 (superior). Estes resultados predizem que a diversidade de polinizadores é afetada pela distância do cultivo agrícola em relação às áreas florestadas, e embora exista tendência negativa, os dados disponíveis não fornecem evidência suficiente para confirmá-la com robustez estatística, podendo refletir alta variabilidade entre os estudos ou limitações no número de casos analisados.

Apesar de não termos encontrado resultado significativo nas variáveis-resposta frutificação, visitação e diversidade de polinizadores, existe uma tendência que conforme aumenta a distância de um remanescente florestal, maior será o efeito negativo sobre estas três variáveis-resposta. Pode-se notar que todos os efeitos globais, com exceção da abundância, possuem uma magnitude grande e negativa em relação a distância de um remanescente florestal.

Discussão

Dos conjuntos de dados analisados nesta revisão, tiveram sete grupos funcionais relacionados à polinização de acordo com as variáveis-resposta. O grupo funcional mais observado nos cultivos agrícolas é o das abelhas. Isso se justifica pelo fato de serem os principais polinizadores, pois dependem dos recursos florais para obter fontes energéticas e proteicas, estando presentes em aproximadamente 75% das culturas agrícolas no mundo (MMA 2018). Isso corrobora com Khalifa et al. (2021), que destacam em sua revisão a importância da polinização por abelhas para a provisão de alimentos e a melhora que representam à qualidade e quantidade das colheitas.

A proximidade de áreas florestadas pode influenciar na conservação das abelhas e demais polinizadores nativos. Além disso, a conservação de remanescentes florestais é de grande importância, uma vez que servem como abrigos e locais com recursos para os polinizadores, essencial para a regulação climática, assim como para os processos dinâmicos dos serviços ecossistêmicos prestados à humanidade (Blanche et al. 2002; Viera et al. 2021; Diéguez-Santana et al. 2022). Assim, quanto maior a densidade e diversidade de abelhas e demais polinizadores, tende-se a aumentar a polinização em cultivos agrícolas (Kremen et al. 2002). Contudo, a alteração na paisagem e a degradação ambiental pode colocar em risco este serviço ecossistêmico e ameaçar a sustentabilidade agrícola e a segurança alimentar (Vitousek et al. 2009; Trivedi et al. 2016; Ammer 2019).

Deve-se considerar que o conhecimento sobre a biologia dos polinizadores é essencial para a implementação de práticas amigáveis para os produtores de culturas dependentes de polinizadores

(Barreira et al. 2014; Maués et al. 2015; Garibaldi et al. 2016). Desta forma, faz-se de grande importância levar em consideração a estrutura da paisagem nas lavouras, afinal esses locais oferecem abrigo e disponibilidade de recursos complementares ao longo do ano (Saturni et al. 2016). Estudos sobre polinizadores tem mostrado que algumas abelhas possuem capacidade de voo menor do que outras (Aleixo et al. 2017). Isso sugere que o aumento da distância de um fragmento florestal para os cultivos agrícolas, diminui a ocorrência das espécies de abelhas com menor capacidade de voo, fator que deve-se levar em consideração para a preservação e conservação das abelhas polinizadoras (Hatfield et al. 2014; Aleixo et al. 2017; Jaroszewicz et al. 2017; Rihan et al. 2017).

A literatura, de modo geral, aponta que a relação da proximidade da floresta ou remanescente florestal é um fator muito importante para os cultivos agrícolas e que isso beneficia os polinizadores. Caudill et al. (2017), demonstraram que comunidades de polinizadores nas paisagens no entorno dos cultivos de café fornecem serviço de polinização e que a manutenção dos habitats naturais promove aumento significativo na produção devido a um maior número de visitação nos cultivos. Vale ressaltar que, áreas de cultivo próximas a áreas naturais além de possuírem uma paisagem mais heterogênea, têm agricultura de baixo impacto e isso potencializa a produtividade e beneficia a biodiversidade (Hipólito et al. 2018).

Neste contexto, a restauração de paisagens florestais pode ser usada como estratégia para conservação e recuperação de áreas agrícolas degradadas, pois, possui potencial para recuperar a funcionalidade ecológica das paisagens naturais e melhorar o bem-estar humano, a qual apresenta técnicas passivas (regeneração espontânea) e ativas (plantio de sementes, regeneração natural assistida e agrofloresta) (Mansourian et al. 2017; Alves et al. 2022). A restauração de paisagens florestais está diretamente conectada a bioeconomia por se embasar na geração de benefícios socioeconômicos através da expansão da cobertura florestal com plantas nativas e valorização dos serviços ecossistêmicos como a polinização.

Os resultados obtidos nessa meta-análise demonstram uma relação positiva da riqueza de polinizadores em relação à proximidade com áreas preservadas e/ou remanescentes florestais. Isso prediz ser importante conservar áreas florestadas próximas aos cultivos agrícolas, pois além de beneficiar os polinizadores fornecendo abrigo e local para nidificação e forrageamento, a produção agrícola tende a ser melhorada.

Conclusões

A proximidade de cultivos agrícolas a remanescentes florestais exerce influência positiva sobre a diversidade e a riqueza de polinizadores, refletindo-se em maiores taxas de frutificação e aumento

no peso dos frutos. Esses achados reforçam a importância da conservação de habitats naturais como estratégia para promover serviços ecossistêmicos essenciais à produtividade agrícola. Sendo assim, tanto os polinizadores quanto a produção agrícola serão beneficiados, os insetos por terem locais para nidificar e forragear, e a produção agrícola pelo aumento da abundância e riqueza de polinizadores.

Esta revisão evidencia uma lacuna em relação a escassez de trabalhos que analisaram o peso dos frutos e a formação de sementes em relação ao contexto da paisagem dos cultivos. Espera-se que mais estudos sejam realizados e que esta lacuna seja preenchida de modo a evidenciar a relação que há entre a formação de sementes e o peso dos frutos com o aumento da diversidade de polinizadores. Além disso, espera-se que mais estudos sejam realizados nesta vertente para discutir políticas públicas que beneficiam a manutenção e conservação das áreas florestadas para a sustentabilidade na produção de alimentos, e utilização dos recursos naturais de forma mais consciente e responsável.

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Federal de Alfenas e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pelo suporte e apoio durante o desenvolvimento do trabalho e dissertação de mestrado.

Referências

- Aleixo KP, Menezes C, Fonseca VLI, Silva CI (2017) Seasonal availability of floral resources and ambient temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona aff. depilis*). *Apidologie*, 48: 117-127. doi: <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0456-4>
- Alves J, Oliveira M, Chazdon R, Calmon M, Pinto A, Darvin E, Pereira B (2022) O papel da regeneração natural assistida para acelerar a restauração de paisagens e florestas: experiências práticas ao redor do mundo. *Nota prática. São Paulo: WRI Brasil*. Disponível online em: <https://www.wribrazil.org.br/publicacoes/o-papel-da-regeneracao-natural-assistida-para-acelerar-restauracao-de-paisagens-e>
- Ammer C (2019) Diversity and forest productivity in a changing climate. *New phytologist*, 221(1): 50-66. doi: 10.1111/nph.15263
- Baldani VLD, Döbereiner J (1980) Host-plant specificity in the infection of cereals with *Azospirillum* spp. *Soil biology and biochemistry*, 12(4): 433-439. doi: 10.1016/0038-0717(80)90021-8
- Barbiéri C, Francoy TM (2020) Modelo teórico para análise interdisciplinar de atividades humanas: A meliponicultura como atividade promotora da sustentabilidade. *Ambiente & Sociedade*. 23:e00202. doi: 10.1590/1809-4422asoc20190020r2vu2020L4AO
- Barreira HCS, Costa-Neto W, Araujo RB, Silva FOD, Rocha MCDL, Viana BF (2014) *Agrotóxicos e polinizadores: isso combina?*. Rio de Janeiro: FUNBIO. 28p.
- Blanche R, Bauer R, Cunningham S, Floyd R (2002) Services and dis-services of rainforest insects to crops in north Queensland. *Cooperative Research Centre of Tropical Rainforest Ecology and Management, Cairns, Australia*.
- Caudill SA, Brokaw JN, Doublet D, Rice RA (2017) Forest and trees: Shade management, forest proximity and pollinator communities in southern Costa Rica coffee agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 32(5): 417-427. doi: 10.1017/S1742170516000351
- Cohen J (1977) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, Rev. Ed. San Diego: Academic Press.
- Diéguez-Santana K, Sarduy-Pereira LB, Sablón-Cossío N, Bautista-Santos H, Sánchez-Galván F, Ruíz- Cedeño SDM (2022) Evaluation of the circular economy in a Pitahaya agri-food chain. *Sustainability*, 14(5): 2950. doi: 10.3390/su14052950
- Garibaldi LA, Dondo Bühler MB, Freitas BM, Hipólito J, Pires CS, Sales VB, Blandina FV, Vilar MB (2016) *Aplicações do protocolo de avaliação socioeconômica de práticas amigáveis aos polinizadores no Brasil*. Rio de Janeiro: FUNBIO. 71p.
- Garibaldi LA, Andersson GK, Requier F, Fijen TP, Hipólito J, Kleijn D, Pérez-Méndez N, Rollin O (2018) Complementarity and synergisms among ecosystem services supporting crop yield. *Glob. Food Sec.* 17:38-47. doi: 10.1016/j.gfs.2018.03.006
- Hatfield JL, Prueger JH (2015) Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and climate extremes*, 10 (Part A): 4-10. doi: 10.1016/j.wace.2015.08.001
- 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. doi: 10.1016/j.agee.2017.09.038
- Holland JM, Douma JC, Crowley L, James L, Kor L, Stevenson DR, Smith BM (2017) Semi-natural habitats support biological control, pollination and soil conservation in Europe. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 1-23.
- IPBES (2016) 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 (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552p.

Jaroszewicz B, Kwiecień K, Czortek P, Olech W, Pirożnikow E (2017) Winter supplementary feeding influences forest soil seed banks and vegetation. *Applied Vegetation Science*, 20(4): 683-691. doi: doi.org/10.1111/avsc.12319

Khalifa SA, Elshafiey EH, Shetaia AA, El-Wahed AAA, Algethami AF, Musharraf SG, AlAjmi MF, Zhao C, Masry CSHD, Abdel-Daim MM, Halabi MF, Kai G, Naggar YA, Bishr M, Diab MAM, El-Seedi, HR (2021) Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects*, 12(8): 688. doi: 10.3390/insects12080688

Koricheva J, Gurevitch J, Mengerson K (2013) (Eds.). *Handbook of meta-analysis in ecology and evolution*. New Jersey: Princeton University Press. 498p.

Kremen C, Williams NM, Thorp RW (2002) Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26): 16812-16816. doi: 10.1073/pnas.262413599

Mansourian S, Stanturf JA, Derkyi MAA, Engel VL (2017) Forest landscape restoration: increasing the positive impacts of forest restoration or simply the area under tree cover?. *Restoration Ecology*, 25(2): 178-183. doi: 10.1111/rec.12489

Maués MM, Krug C, Wadt LHO, Drumond PM, Cavalcante MC, Santos ACS (2015) A castanheira-do-brasil: avanços no conhecimento das práticas amigáveis à polinização. Rio de Janeiro: FUNBIO. 84.

Mayes DM, Bhatta CP, Shi D, Brown JC, Smith DR (2019) Body size influences stingless bee (Hymenoptera: Apidae) communities across a range of deforestation levels in Rondônia, Brazil. *Journal of Insect Science*. 19(2):23. doi: 10.1093/jisesa/iez032

Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2018) Polinizadores em risco de extinção são ameaça à vida do ser humano. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/9976-polinizadores-em-risco-deextin%C3%A7%C3%A3o-C3%A9-amea%C3%A7a-%C3%A0-vida-do-serhumano?tmpl=component&print=1>. Acesso em: 17 jul. 2018.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Polinizadores em risco de extinção são ameaça à vida do ser humano. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/9976-polinizadores-em-risco-deextin%C3%A7%C3%A3o-C3%A9-amea%C3%A7a-%C3%A0-vida-do-serhumano?tmpl=component&print=1>>. Acesso em: 17 jul. 2018.

Neto AV, Blochtein B, Viana B, Santos CF, Menezes C, Silva PN, Jaffé R, Amoedo S (2018) Desafios e recomendações para o manejo e o transporte de polinizadores – São Paulo: A.B.E.L.H.A.

Paiva BHI, Almeida JEB (2020) Diversidade, análise estrutural e serviços ecossistêmicos da vegetação lenhosa da restinga da praia da Guia, São Luís, Maranhão, Brasil. *Biodiversidade*, 19(2). doi: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/10412>

Pascual U, Balvanera P, Diaz S, Pataki G, Roth E, Stenseke M, Watson R, Dessane E, Breslow S, Islar M, Kelemen E, Keune H, Maris V, Pengue W, Quaas M, Subramanian S, Wittmer H, Mohamed A, Al-Hafedh Y, Asah S, Berry P, Bilgin E, Bullock C, Cáceres D, Golden C, Gómez-Baggethun E, González-Jiménez D, Houdet J, Kumar R, May P, Mead A, O'Farrell P, Pacheco-Balanza D, Pandit R, Pichis-Madruga R, Popa F, Preston S, Saarikoski H, Strassburg B, Verma M, Yagi N, Ahn S, Amankwah E, Daly-Hassen H, Figueroa E, Ma K, van den Belt M, Wickson F (2017) Valuing nature's contributions to people: The IPBES approach. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 6-16. doi: 10.1016/j.cosust.2016.12.006

Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (BPBES) (2019) Relatório Temático Sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. 1º Edição, p. 17.

Piratelli AJ, Franchin AG, Marín-Gómez OH (2017) Urban conservation: toward bird-friendly cities in Latin America. *Avian ecology in Latin American cityscapes*, 143-158. doi: 10.1007/978-3-319-63475-3_8

Rader R, Bartomeus I, Garibaldi LA, Garratt MPD, Howlett BG, Winfree R, Cunningham SA, Mayfield MM, Arthur AD, Andersson GKS, Bommarco R, Brittain C, Carvalheiro LG, Chacoff NP, Entling MH, Foully B, Freitas BM, Gemmill-Herren B, Ghazoul J, Griffin SR, Gross CL, Herbertsson L, Herzog F, Hipólito J, Jaggar S, Jauker F, Klein AM, Kleijn D, Krishnan S, Lemos CQ, Lindström CAM, Mandelik Y, Monteiro VM, Nelson W, Nilsson L, Pattemore DE, Pereira DO, Pisanty G, Potts SG, Reemer M, Maj R, Cory SS, Jeroen S, Christof S, Henrik GS, Stanley DA, Stout JC, Szentgyörgyi H, Taki H, Vergara CH, Viana BF, Woyciechowski M (2015) Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1): 146-151. doi: 10.1073/pnas.1517092112

Righi CA, Bernardes MS (2015) Cadernos da disciplina sistemas agroflorestais. *Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais*. Piracicaba-SP: Série Difusão, 1, 108.

Rihan HZ, Al-Issawi M, Fuller MP (2017) Advances in physiological and molecular aspects of plant cold tolerance. *Journal of Plant Interactions*, 12(1): 143-157. doi: 10.1080/17429145.2017.1308568.

Rollings R, Goulson D (2019) Quantifying the attractiveness of garden flowers for pollinators. *Journal of Insect Conservation*. 23(5):803-817. doi: 10.1007/s10841-019-00177-3

Saturni FT, Jaffe R, Metzger JP (2016) Landscape structure influences bee community and coffee pollination at different spatial scales. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 235: 1-12. doi: 10.1016/j.agee.2016.10.008

Tamburini G, Bommarco R, Kleijn D, van der Putten WH, Marini L (2019) Pollination contribution to crop yield is often context-dependent: A review of experimental evidence. *Agriculture, ecosystems & environment*, 280, 16-23.

Trivedi P, Delgado-Baquerizo M, Anderson IC, Singh BK (2016) Response of soil properties and microbial communities to agriculture: Implications for primary productivity and soil health indicators. *Frontiers in Plant Science*, 7: 990. doi: 10.3389/fpls.2016.00990

Velozo-Silva G, Jesus RO, Mohallem MM, Wolowski M, Ramos TO (2024) La importancia de la cobertura forestal en el cultivo de café orgánico sobre la diversidad de polinizadores. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 123:1-16. doi: 10.24215/16699513e140

Viera W, Díaz A, Caicedo C, Suárez A, Vargas Y (2021) Key agronomic fertilization practices that influence yield of Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) in the Ecuadorian Amazon. *Agronomy*, 11(2): 310. doi: 10.3390/agronomy11020310

Vitousek PM, Naylor R, Crews T, David MB, Drinkwater LE, Holland E, Johnes PJ, Katzenberger J, Martinelli LA, Matson PA, Nziguheba G, Ojima D, Palm CA, Robertson GP, Sanchez PA, Townsend AR, Zhang, FS (2009) Nutrient imbalances in agricultural development. *Science*, 324(5934): 1519-1520. doi: 10.1126/science.1170261