

## RESUMO

A polinização é um serviço ecossistêmico crucial para a produção de alimentos. Um dos objetivos da agenda 2030 da ONU é erradicar a fome, garantir a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável. Para isso, é necessário implementar práticas agrícolas resilientes que preservem os ecossistemas e conservem os polinizadores, que são essenciais para as principais culturas alimentares. Através da ciência de redes, esta tese tem como objetivo principal compreender a estrutura das interações entre plantas e polinizadores em diferentes escalas espaciais (global e local) e investigar as principais interações que podem favorecer a polinização de cultivos de importância alimentar e econômica. A tese está estruturada em três capítulos. No Capítulo I, buscamos compreender o padrão das interações entre polinizadores e espécies cultivadas de Malvaceae (algodão, cacau, cupuaçu e quiabo) em escala global por meio de uma meta-rede de interações. Identificamos que a meta-rede de interações Malvaceae-polinizadores possui quatro módulos, cada módulo formado por um cultivo e poucos polinizadores compartilhados. *Apis mellifera* foi a única espécie conectora da rede. Neste capítulo podemos concluir que cada cultura é polinizada por um grupo muito específico de espécies, indicando que a manutenção da produtividade pode ser favorecida pela conservação da diversidade de polinizadores. No Capítulo II, investigamos, através de uma revisão de literatura, a polinização do cacau, descrevendo a distribuição espacial e temporal dos estudos, verificando a distribuição global dos polinizadores (através de uma rede espacial) e identificando os polinizadores-chave para sua produção. 29 artigos foram incluídos nas análises. Os anos das publicações encontradas variaram de 1950 a 2024. Os países que tiveram o maior número de estudos foram Ghana (21%) e Indonésia (17%). A rede registrou um total de 39 links entre 14 países e 13 polinizadores (nove moscas, três formigas e uma abelha). As moscas do gênero *Forcipomyia* foram classificadas como polinizador-chave das flores do cacau. No Capítulo III, objetivamos identificar as interações entre plantas cultivadas co-florentes (abóbora, melancia, melão, maxixe, tomate e pimentão) e abelhas em uma área de agricultura familiar na região semiárida do Brasil e classificar os papéis funcionais das espécies na rede. A rede apresentou estrutura modular, formada por quatro módulos, aparentemente orientados pelos atributos florais. Nenhuma espécie de abelha foi classificada como hub da rede. *Paratrigona incerta* e *Ceratina* sp. foram classificados como hubs de módulos. *Paratrigona incerta* apresentou maior número de interações com culturas, interagindo com todas as culturas, exceto abóbora. *Apis mellifera*, foi a segunda espécie com maior número de interações, estando ligada a todas as Cucurbitaceae. Percebemos, portanto, que as redes de interações entre polinizadores e plantas cultivadas apresentaram estrutura modular independentemente da escala espacial (global ou local) e que a composição dos módulos pode estar relacionada aos atributos florais como tamanho e recursos ofertados. As abelhas nativas apresentam grande potencial para a polinização em áreas agrícolas. As redes de polinização podem constituir um critério importante na tomada de decisões sobre manejo e conservação de polinizadores, uma vez que identificam os polinizadores-chave.

Palavras-chave: Polinização de culturas, serviços ecossistêmicos, ciência de redes

## ABSTRACT

Pollination is a crucial ecosystem service for food production. One of the goals of the ONU 2030 agenda is to eradicate hunger, ensure food security, improve nutrition and promote sustainable agriculture. To achieve this, it is necessary to implement resilient agricultural practices that preserve ecosystems and conserve pollinators, which are essential for main food crops. Through network science, this thesis' main objective is to understand the structure of interactions between plants and pollinators at different spatial scales (global and local) and to investigate the main interactions that can favor the pollination of crops of food and economic importance. The thesis is structured into three chapters. In Chapter I, we seek to understand the pattern of interactions between pollinators and cultivated Malvaceae species (cotton, cocoa, cupuaçu and okra) on a global scale through a meta-network of interactions. We identified that the meta-network of Malvaceae-pollinator interactions has four modules, each module formed by a crop and a few shared pollinators. *Apis mellifera* was the only connecting species in the network. In this chapter we can conclude that each crop is pollinated by a very specific group of species, indicating that the maintenance of productivity can be favored by the conservation of the diversity of pollinators. In Chapter II, we investigated, through a literature review, the pollination of cocoa, describing the spatial and temporal distribution of studies, verifying the global distribution of pollinators (through a spatial network) and identifying the key pollinators for their production. 29 articles were included in the analyses. The years of publications found ranged from 1950 to 2024. The countries that had the highest number of studies were Ghana (21%) and Indonesia (17%). The network recorded a total of 39 links between 14 countries and 13 pollinators (nine flies, three ants and one bee). Flies of the genus *Forcipomyia* have been classified as key pollinators of cocoa flowers. In Chapter III, we aimed to identify the interactions between co-flowering cultivated plants (pumpkin, watermelon, melon, gherkin, tomato and pepper) and bees in a family farming area in the semi-arid region of Brazil and classify the functional roles of the species in the network. The network presented a modular structure, formed by four modules, apparently guided by floral attributes. No species of bee was classified as a hub of the network. *Paratrigona incerta* and *Ceratina* sp. were classified as module hubs. *Paratrigona incerta* showed the greatest number of interactions with crops, interacting with all crops, except pumpkin. *Apis mellifera*, was the second species with the highest number of interactions, being linked to all Cucurbitaceae. We realized, therefore, that the networks of interactions between pollinators and cultivated plants presented a modular structure regardless of the spatial scale (global or local) and that the composition of the modules may be related to floral attributes such as size and resources offered. Native bees have great potential for pollination in agricultural areas. Pollination networks can constitute an important criterion in making decisions about pollinator management and conservation, as they identify key pollinators.

Keywords: Crop pollination, ecosystem service, network science