

**Lisieux Franco Fuzessy**

**COPHYG\_INTERACT  
PADRÕES E PROCESSOS GERADORES DA CONGRUÊNCIA  
FILOGENÉTICA NAS INTERAÇÕES ENTRE VERTEBRADOS E  
PLANTAS FRUTÍFERAS NOS NEOTRÓPICOS**

**Relatório de Pós-doutorado realizado na Universidade Estadual  
Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro**

**Supervisor(a): Prof. Dr. Marco Aurelio Pizo**

**FAPESP - 2023/12469-5**

**Rio Claro  
2025**

## **Resumo**

Este relatório final apresenta os resultados do projeto de pós-doutorado realizado por Lisieux Franco Fuzessy, sob supervisão do Prof. Dr. Marco Aurélio Pizo, no Instituto de Biociências da UNESP – Rio Claro, com apoio da FAPESP (Processo 2023/12469-5). O projeto teve como objetivo central compreender como fatores ecológicos e evolutivos moldam redes de interações frugívoras entre vertebrados e plantas na região Neotropical. Para isso, foi elaborada uma base de dados inédita e abrangente — NeoFrugivory — que compila 10.175 interações únicas entre 2.375 espécies de plantas e 758 espécies de vertebrados frugívoros, oriundas de 419 estudos publicados entre 1967 e 2023. Além de integrar informações taxonômicas e geográficas, o banco de dados inclui atributos funcionais de frutos e frugívoros, como dieta, massa corporal, morfologia do fruto e características das sementes. A NeoFrugivory representa uma ferramenta inovadora para análises macroecológicas e evolutivas, permitindo o mapeamento de padrões de modularidade, sinal filogenético e a identificação de mecanismos que promovem a resiliência de redes mutualísticas frente às mudanças ambientais. O projeto também resultou na publicação de uma revisão conceitual sobre "rewiring", a reorganização de interações ecológicas, na revista *Oikos*, e na submissão de um artigo à revista *Functional Ecology*, onde se demonstra que, embora haja um legado evolutivo detectável nas interações frugívoras, são os traços ecológicos e funcionais que desempenham papel preponderante na sua estruturação. Assim, este trabalho contribui de forma significativa para a compreensão da estabilidade e do funcionamento das redes mutualísticas tropicais e oferece subsídios importantes para estratégias de conservação baseadas em interações ecológicas.

## **Introdução**

A ecologia das interações mutualísticas, como a frugivoria, é fundamental para entender processos ecológicos que sustentam a biodiversidade tropical. No entanto, permanece uma lacuna importante quanto aos determinantes ecológicos e filogenéticos dessas interações, especialmente frente às rápidas mudanças ambientais contemporâneas. O presente projeto visou integrar abordagens filogenéticas, funcionais e de rede ecológica para compreender a estrutura, o funcionamento e a resiliência de redes de frugivoria, com foco na região Neotropical. Esta abordagem integrativa é essencial para elucidar como a diversidade funcional e evolutiva influencia a estabilidade dessas redes e para orientar ações de conservação. Este relatório apresenta o detalhamento das atividades desenvolvidas no âmbito do Programa de Pós-Doutorado da UNESP, com foco no cumprimento dos objetivos científicos propostos, produção e divulgação de resultados, formação de recursos humanos e atividades acadêmicas complementares. O projeto concentrou-se na compreensão dos padrões ecológicos e evolutivos que estruturam redes de interações entre frugívoros vertebrados e plantas na região Neotropical, com avanços importantes para o campo da ecologia de interações e biologia evolutiva.

## **Objetivos**

O projeto foi desenhado com cinco objetivos principais: (1) compilar uma base de dados ampla e geograficamente diversa de interações frugívoras na região Neotropical; (2)

avaliar a sobreposição dietética entre aves, morcegos e primatas; (3) identificar traços de frutos associados ao consumo por diferentes guildas de frugívoros; (4) testar a existência de sinal cofilogenético nas interações; e (5) quantificar a contribuição relativa de traços funcionais versus história evolutiva na estrutura das redes

### **Materiais e Métodos**

Para compilar os dados, realizou-se uma extensa revisão da literatura científica, abrangendo mais de 400 estudos empíricos. As interações documentadas entre vertebrados e plantas foram integradas ao banco de dados NeoFrugivory, que contempla informações taxonômicas, funcionais e geográficas. As análises incluíram modelos lineares mistos, detecção de modularidade em redes ecológicas, análises filogenéticas (pacotes R ape, phytools), e cofilogenia com o método PACo (Procrustean Approach to Cophylogeny). Foram também aplicadas análises de sinal filogenético para comparar padrões entre traços de frugívoros e de frutos.

### **Resultados**

O projeto envolvia o cumprimento de 5 objetivos principais. Segundo o cumprimento de cada um deles, detalhados abaixo, foram encontrados os resultados:

*Objetivo 1:* Compilar uma base de dados geograficamente diversa de interações frugívoras na região Neotropical.

Resultado: Publicação do artigo “NeoFrugivory: A comprehensive database for Frugivory interactions and functional traits in the Neotropics”, na revista Ecology (2025). O banco de dados inclui 10.175 interações únicas entre 2.375 espécies de plantas e 758 espécies de vertebrados (mamíferos, aves e répteis), com cobertura espacial ampla em toda a região Neotropical. Os dados estão publicamente disponíveis no FigShare (<http://doi.org/10.6084/m9.figshare.28197497>)

*Objetivo 2:* Avaliar a sobreposição no consumo de frutos entre aves, morcegos e primatas.

Resultado: Artigo “Ecological function over evolutionary legacy: the limited role of shared evolutionary history in shaping modern frugivory interactions”, atualmente em revisão na revista Functional Ecology. Os resultados indicam que características ecológicas, como dieta e massa corporal, explicam melhor os padrões de interação do que a história evolutiva compartilhada.

*Objetivo 3:* Investigar as características dos frutos associadas ao consumo por diferentes grupos de vertebrados.

Resultado: Análises integradas no NeoFrugivory e no artigo acima, mostrando que traços como tamanho do fruto, coloração, presença de casca e composição nutricional influenciam as preferências das guildas frugívoras (aves, morcegos e primatas).

*Objetivos 4 e 5:* Avaliar o sinal cofilogenético e o papel dos traços funcionais nas interações.

Resultado: Aplicação do método PACo (Procrustean Approach to Cophylogeny) demonstrou a existência de um sinal filogenético fraco, porém estatisticamente significativo. Os traços ecológicos foram mais relevantes na explicação das interações, reforçando a importância de abordagens funcionais.

### **Avanços Científicos do Projeto**

O conjunto de estudos desenvolvidos no escopo deste projeto contribuiu de maneira significativa para o avanço do conhecimento científico sobre interações mutualísticas, especialmente frugivoria vertebrada, ao explorar dimensões pouco abordadas e integrar abordagens inovadoras para compreender a resiliência, estrutura e funcionamento de redes ecológicas sob diferentes contextos ambientais.

#### **1. Ampliação conceitual e metodológica sobre “rewiring” em interações mutualísticas**

No artigo “Navigating a changing world: on the significance of rewiring for mutualistic interactions, caveats and future directions”, publicado na *Oikos* (<https://nsojournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/oik.11230> ) o conceito de “rewiring”, a reorganização ou formação de novas interações ecológicas, é expandido criticamente. A partir de uma revisão abrangente da literatura, o trabalho identifica lacunas conceituais e metodológicas, e propõe um conjunto robusto de mecanismos ecológicos e evolutivos que devem ser considerados em estudos futuros. Ao enfatizar aspectos como variação intraespecífica, química dos frutos, competição, interações raras e modos alternativos de dispersão de sementes, o artigo oferece um framework mais realista e abrangente para prever a reconfiguração de redes mutualísticas em cenários de mudanças ambientais. Essa contribuição é essencial para melhorar a acurácia de modelos preditivos e subsidiar estratégias de conservação focadas em funcionalidade e resiliência ecossistêmica.

#### **2. Criação do maior banco de dados de frugivoria do Neotrópico**

A base de dados *NeoFrugivory*, publicado na *Ecology* (<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ecy.70049> ) apresentada no segundo artigo (*NeoFrugivory: A comprehensive database for Frugivory interactions and functional traits in the Neotropics*), representa uma conquista inédita na sistematização de interações frugívoras envolvendo vertebrados terrestres em toda a região Neotropical. O banco reúne mais de 10 mil interações únicas entre 2.375 espécies de plantas e 758 espécies de vertebrados, consolidando informações funcionais e taxonômicas obtidas de mais de 400 estudos. Essa compilação fornece um recurso valioso e de acesso aberto para análises ecológicas, evolutivas e aplicadas, permitindo, por exemplo, a identificação de espécies-chave, avaliação da resiliência de redes mutualísticas e o planejamento de estratégias de conservação baseadas em interações e não apenas em espécies. Trata-se de uma infraestrutura científica essencial para avançar no entendimento da dinâmica ecológica e evolução de mutualismos tropicais.

### 3. Compreensão refinada da influência da história evolutiva e da filtragem ecológica nas redes de frugivoria

O artigo “Ecological function over evolutionary legacy: the limited role of shared evolutionary history in shaping modern frugivory interactions”, em segunda ronda de revisão na *Ecology Letters*, oferece uma abordagem quantitativa e integrativa para testar a influência relativa da história evolutiva e de atributos ecológicos contemporâneos sobre a formação de redes mutualísticas. A partir da análise de redes de frugivoria de morcegos, aves e primatas, os autores demonstram que, embora exista um sinal cofilogenético detectável, os padrões de interação são moldados principalmente por traços funcionais atuais, como especialização dietética e características dos frutos. Além disso, revelam uma assimetria evolutiva relevante: os traços dos vertebrados são mais conservados filogeneticamente que os traços das plantas, indicando maior labilidade evolutiva no componente vegetal. Essa descoberta desafia pressupostos clássicos sobre coevolução e sugere que as plantas tropicais podem responder mais rapidamente a pressões ecológicas, com implicações diretas para previsões sobre a resiliência e reestruturação de mutualismos em tempos de mudanças globais.

#### *Produção Científica*

**Fuzessy, L. F. & Pizo, M. A.** 2025. NeoFrugivory: a comprehensive database of Neotropical frugivory interactions between vertebrates and plants". *Ecology*.

<https://doi.org/10.1002/ecy.70049> Volume106, Issue3 e70049

**Fuzessy, L. F., Verdú, M. & Pizo, M. A.** *Under Review*. Ecological function over evolutionary legacy: the limited role of shared evolutionary history in shaping modern frugivory interactions. Segunda rodada de revisão na *Functional Ecology*.

**Fuzessy, L. F. & Pizo, M. A.** 2025. Navigating a changing world: functional and phylogenetic signals of frugivore extinction and their impact on seed dispersal networks. *Oikos*. <https://doi.org/10.1002/oik.11230>

Crestani, A. C., Monteiro, E., **Fuzessy, L. F.**, Gelambi, M., Whitehead, S. R., & **Pizo, M. A.** (em preparação para *Oikos*). Ecological and phylogenetic drivers of frugivory: The role of bird digestive morphology in shaping mutualistic interactions. Em revisão na *Oikos*

Godoi, M. F. R., Nascimento, D. O., Anselmo, P. A., Silveira, F. A. O., Santos, F. M. G., Bonifácio-Leite, V., Karam, T., **Pizo, M. A.**, Christianini, A. V., & **Fuzessy, L. F.** (em preparação para *Oikos*). Beyond the forest canopy: Contrasting strategies of frugivory and seed dispersal across tropical forest-savanna-grasslands gradients.

#### *Apresentações em Eventos:*

- 8th International Frugivores and Seed Dispersal Symposium (FSD2024) – Ilhéus, Bahia (maio/2024).  
Apresentação oral: “What does phylogenetic congruence tell us about evolutionary history and how can we apply this knowledge to restoration ecology?”
- Palestra convidada – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, UFMG (abril/2024): “Ecologia e Evolução de redes ecológicas”. O resultado foi uma parceria em um artigo em preparação para ser submetido ao periódico *Oikos*:

“Beyond the forest canopy: Contrasting strategies of frugivory and seed dispersal across tropical forest-savanna-grasslands gradients.”

Repositórios de Dados:

Base de dados NeoFrugivory: <http://doi.org/10.6084/m9.figshare.28197497>

#### *Participação em Bancas*

Durante a vigência da bolsa, participei como banca de um TCC, quatro dissertações de mestrado e duas teses de doutorado

UNESP – Rio Claro, São Paulo:

- Projeto de Mestrado – Guilherme Henrique Mugnaini (PPG Ecologia, Evolução e Biodiversidade) – 08/11/2024
- Projeto de Mestrado – Rafael Iuanami Tata (PPG Ecologia, Evolução e Biodiversidade) – 08/11/2024
- Projeto de Doutorado – Dominee Grace Cagle (PPG Ecologia, Evolução e Biodiversidade) – 14/06/2025
- Defesa de Mestrado – Breno de Lima Souza – 10/10/2024
- TCC – Aline Zambretti Pires (Bacharelado em Ciências Biológicas) – 30/06/2025

UFMG – Belo Horizonte, Minas Ferais:

- Defesa de Mestrado – Maria Fernanda Regioli Godoi (PPG Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – 20/08/2024

UESC – Ilhéus, Bahia:

- Defesa de Doutorado – Letícia Leite Ferraço (PPG Zoologia) – 15/02/2025

#### *Coorientação*

Atualmente sou coorientadora da Dissertação de Mestrado de Isabella Nunes de Melo (PPG Ecologia, Evolução e Biodiversidade, UNESP Rio Claro), orientada pela professora Laurence Culot, com tema sobre impactos antrópicos em interações mutualísticas com primatas neotropicais. A data prevista para defesa é no final do primeiro semestre de 2026.

#### *Principais habilidades desenvolvidas*

Durante o desenvolvimento do projeto da bolsa melhorei e desenvolvi novas habilidades:

- **Análises de dados ecológicos e evolutivos:** Ecologia de redes (pacote bipartite), modelagem filogenética (pacotes ape, phytools), e cofilogenia (PACo).
- **Escrita científica:** Produção de manuscritos para periódicos de alto impacto.
- **Gestão de projetos:** Submissão de proposta ao programa Jovem Pesquisador da FAPESP (Projeto CliMateNet, processo #2024/22436-0).

- **Colaboração internacional:** Parceria em curso com o laboratório do Dr. Miguel Verdú (Centro de Investigaciones sobre Desertificación – Espanha), visando análises evolutivas comparadas.

## **Discussão**

Os resultados alcançados neste projeto de pós-doutorado avançam de maneira significativa o entendimento sobre os mecanismos que estruturam redes mutualísticas na região Neotropical, em especial aquelas mediadas por frugivoria. A construção e disponibilização do banco de dados NeoFrugivory preenche uma lacuna histórica no campo da ecologia de interações, ao compilar de forma padronizada uma ampla diversidade de interações entre plantas e vertebrados, associadas a atributos funcionais e filogenéticos. A partir dessa base de dados, foi possível demonstrar que traços ecológicos contemporâneos, como dieta, massa corporal e características do fruto, explicam com maior robustez os padrões de interação do que a história evolutiva compartilhada entre espécies. A análise de cofilogenia revelou um sinal filogenético fraco, porém significativo, o que indica que a evolução deixa um rastro nas interações, mas este é em grande parte sobreposto por processos ecológicos atuais, como filtragem por traços e disponibilidade local dos parceiros.

Um achado particularmente relevante foi a assimetria entre os componentes das interações: os traços de vertebrados apresentaram forte sinal filogenético, ao passo que os traços dos frutos mostraram-se mais lábeis evolutivamente. Esse padrão sugere que as plantas podem responder de forma mais rápida e plástica às pressões ecológicas, o que pode ter implicações importantes para a reorganização de redes sob cenários de perturbação ambiental. Nesse contexto, a revisão publicada em *Oikos* aprofunda a discussão sobre rewiring, propondo um novo arcabouço conceitual para compreender como e por que novas interações surgem ou se reorganizam. O trabalho desafia a visão tradicional de que o rewiring ocorre apenas em função da abundância e coocorrência dos parceiros, enfatizando o papel de fatores frequentemente negligenciados, como a variação intraespecífica, a química dos frutos, interações raras ou proibidas, e vieses metodológicos.

Combinados, esses resultados indicam que a resiliência das redes mutualísticas tropicais depende menos de vínculos históricos rígidos entre espécies, e mais da flexibilidade funcional e ecológica dos organismos. Essa conclusão reforça a necessidade de conservar não apenas espécies isoladas, mas as interações ecológicas que sustentam a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas. A proposta de um framework integrativo, que considere simultaneamente traços, filogenia, abundância e contexto ambiental, oferece uma base sólida para investigações futuras e para o desenho de políticas de conservação mais eficazes.

## **Conclusões**

O período de pós-doutorado foi cumprido com êxito, respeitando o cronograma de atividades proposto e consolidando uma linha de pesquisa original e relevante sobre redes de frugivoria na região Neotropical. Os principais resultados incluem:

- A criação do maior banco de dados sobre interações frugívoras tropicais já publicado.
- Avanços conceituais na integração de traços ecológicos e filogenéticos para explicar padrões de mutualismo.
- Ampliação da rede de colaborações acadêmicas, incluindo uma publicação com o professor Miguel Verdú del Campo, do CSIC, Espanha.
- Participação ativa na formação de recursos humanos por meio de bancas e coorientações.

Os resultados obtidos reforçam minha consolidação como pesquisadora independente, capacitada a liderar projetos interdisciplinares na área da ecologia de interações, com aplicações relevantes para conservação da biodiversidade e previsão dos impactos das mudanças ambientais.