

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo desta tese será
disponibilizado somente a partir
de 28/02/2022.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM
ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE**

**INTER-RELAÇÕES ENTRE DIVERSIDADE FILOGENÉTICA,
ESTRUTURA DA PAISAGEM E REDES DE INTERAÇÕES
ENTRE PLANTAS E AVES FRUGÍVORAS**

ERISON CARLOS DOS SANTOS MONTEIRO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO
CLARO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE

**INTER-RELAÇÕES ENTRE DIVERSIDADE FILOGENÉTICA,
ESTRUTURA DA PAISAGEM E REDES DE INTERAÇÕES
ENTRE PLANTAS E AVES FRUGÍVORAS**

ERISON CARLOS DOS SANTOS MONTEIRO

Orientador: MARCO AURELIO PIZO

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Biodiversidade.

**Rio Claro - SP
2020**

M775i

Monteiro, Erison Carlos dos Santos

Inter-relações entre diversidade filogenética, estrutura da paisagem e redes de interações entre plantas e aves frugívoras / Erison Carlos dos Santos Monteiro. -- Rio Claro, 2020

73 p. : il., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Marco Aurélio Pizo

1. Ecologia. 2. Ecologia da paisagem. 3. Mutualismo. 4. Evolução.
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

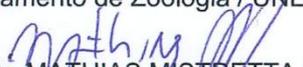
TÍTULO DA TESE: Inter-relações entre diversidade filogenética, estrutura da paisagem e redes de interações entre plantas e aves frugívoras

AUTOR: ERISON CARLOS DOS SANTOS MONTEIRO

ORIENTADOR: MARCO AURELIO PIZO FERREIRA

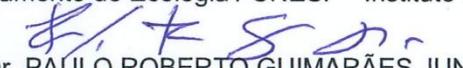
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARCO AURELIO PIZO FERREIRA
Departamento de Zoologia / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP


Prof. Dr. MATHIAS MISTRETTA PIRES
Departamento de Biologia Animal - Instituto de Biologia / Universidade Estadual de Campinas - SP


P/ Profa. Dra. CARINE EMER
Pós Doutorado do Departamento de Ecologia / Instituto de Biociências de Rio Claro - SP


Prof. Dr. MILTON CEZAR RIBEIRO
Departamento de Ecologia / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP


Prof. Dr. PAULO ROBERTO GUIMARÃES JUNIOR
Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia Geral / Universidade de São Paulo - SP

Rio Claro, 28 de fevereiro de 2020

Opus Monteiro

Para Lúcia, a professora da vida.

7-4-8-3 5-6-8-11-3 8-10-4-9-6 8-2-2 4-1-9-7-9 3-9-8-6-7

O apanhador de desperdícios- Manoel de Barros

Uso a palavra para compor meus silêncios.
Não gosto das palavras
fatigadas de informar.
Dou mais respeito
às que vivem de barriga no chão
tipo água pedra sapo.
Entendo bem o sotaque das águas
Dou respeito às coisas desimportantes
e aos seres desimportantes.
Prezo insetos mais que aviões.
Prezo a velocidade
das tartarugas mais que a dos mísseis.
Tenho em mim um atraso de nascença.
Eu fui aparelhado
para gostar de passarinhos.
Tenho abundância de ser feliz por isso.
Meu quintal é maior do que o mundo.
Sou um apanhador de desperdícios:
Amo os restos
como as boas moscas.
Queria que a minha voz tivesse um formato
de canto.
Porque eu não sou da informática:
eu sou da invencionática.
Só uso a palavra para compor meus silêncios.

Um Coração Que Mora Dentro Do Olho Do Jaguar- Matilde Campilho, Jôquei.

O Verão, rapazes – como disse C. Adams -
implica uma insistência nos mergulhos
e uma desistência breve das respostas.

Importante é passar as mãos pelas esarpas,
afagar o pescoço das andorinhas do mar,
verificar o oxigênio nos tubinhos de plástico
que ajuda a respirar na cala azul turquesa
e permitir que o Senhor ressuscite o sangue
dos espadartes a todas as manhãs de 29°C.

Estas são as tarefas que devem ser realizadas

e – como disse Adams – bom mesmo é chegar
ao fim da estação sem nenhuma resposta.

Agradecimentos

Eu sempre quis ser cientista, desde criança tinha vontade de entender o mundo, acreditava nas coisas como de costume, mas nunca deixei de duvidar, e a dúvida, o amor e o ódio por ela é o que me trouxe até aqui, a vontade de entender. E nessa busca por entender, a biologia, as espécies, as interações ecológicas, acabo por entender a mim mesmo, cada dia mais. Sobre essa vontade não posso deixar de agradecer á minha mãe a Prof. Lúcia, que soube direitinho alimentar minha curiosidade, acesso irrestrito a biblioteca da escola, a melhor educação que ela podia oferecer, mas sobretudo o amor pela vida, grande parte do que sou é graças a sua luta pra me fazer um homem melhor.

Durante esse tempo de doutorado muitas coisas aconteceram, muita gente esteve comigo em muitos momentos, a maioria deles bons e de grande aprendizado. Quero agradecer a todos que direta ou indiretamente tornaram minha vida mais edificante durante esse tempo, aqueles invisíveis, aqueles que por descuido, não perguntei ou não me recordo do nome, mas que são de grande importância na minha formação. Muito obrigado aos funcionários da limpeza, da segurança, administração, técnicos e professores da UNESP por tornar possível trabalhar e estudar numa instituição pública de qualidade mesmo em tempos sombrios, vocês fazem a diferença, e sou muito grato por fazer parte dessa instituição e especialmente o tão jovem e promissor PPG Ecologia e Biodiversidade que provoca em mim grande orgulho.

Agradeço a toda minha família, aos Santos e aos Monteiro por sempre me apoiar, mesmo sem muitas vezes entender o que eu faço (Vô Jair, vou ser doutor, mas ainda não posso abrir meu consultório hahah¹).

Agradeço também a Bruna Franco Neto a quem o amor escolheu formas diferentes de se formar, mas nunca deixou de nos engrandecer. Aos grandes amigos Gabriel Nakamura, Marina Fuji e toda a turma da BioUFMS por mesmo de longe estarem juntinhos. A Raul Pereira e Sayuri Sugai que foram meus precursores em RC desde o mestrado em Campo Grande-MS.

A Bruno Leles e Fábio Barros por me oferecerem o primeiro sofá da sala em RC. Fernanda Urbah, minha irmã e companheira em tantas e tantas conversas, discussões, risadas e aventuras junto a Leo Silva, Moara Canova, Paola Tokumoto, Cleber Chaves e Barbara Lea na nossa Rep Laje.

Á Vivian Cagnoni por tanta poesia e intensidade.

A todos do LEEC, especialmente Renata Muylaert, Julia Assis, Maurício Vancine, Rodrigo Mineiro, André Regolin, Julia Oshima e Felipe Martello um ambiente de muita ciência e amizade onde aprendi muito.

À Laura Honda e todos meus ex alunos de Ecologia de Populações 2016 e 2018, foi com vocês que entendi o quanto ensinar me preenche e o quanto ver vocês ganhando o mundo me enche de orgulho. Aos amigos Paulo Camargo e Dani Moreno, Raissa Sepulvida, Ana Crestani, Bianca Darski e Carol Bello.

À Bruna Garrafinha pelas noites de céu estrelado.

To Mayara Scur, Lucero Ramirez and Helge Hinrichs, Nikolas Abrahadabra and the team Eintracht Rugby for making my life happier during my stay in Frankfurt. To Matthias Shleuning and all the friends from BiK-F Senkenberg Institute for welcoming me and teaching me so much about science in Germany.

A todos do RURC (Rio Claro Rugby Clube) por tantas lindas experiências, treinos, jogos, torneios e muita, muita cerveja, hoje eu sei que parte da minha felicidade depende de quão perto estou do rugby.

Ao Núcleo de Samba de Rio Claro, onde aprendi fazer musica através da cuíca, minha paixão.

Agradeço ao Samuli e toda a família Laurindo por me acolherem como um dos seus, tenho imensa gratidão por todos vocês. A Barbara Zaitun pelo ombro amigo de sempre. A Mariana Pazeto pela parceria de fazer nossa casinha um lar (da Guilhermina e do Darwin).

Agradeço imensamente à Lara Venina pela oportunidade de viver um amor, obrigado pelas noites boas e pelas difíceis, pelo carinho e companheirismo, me fez forte e corajoso cada minuto contigo.

Ao 1000tinho Astronauta por ser professor além da sala de aula. A Capes que apesar do desmonte, ainda financia estudantes de pós-graduação no Brasil² e financiou minha bolsa na Alemanha (CAPES-PDSE processo nº 88881.131885/2016-01) durante o doutorado sanduíche e minha bolsa no Brasil (processo numero- 88882.434210/2019-01), sem ela minha formação, esse trabalho, muito do que eu produzi como cientista não seria possível. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Esse trabalho foi feito graças ao tempo e energia de diversos pesquisadores que foram a campo e coletaram dados de plantas com frutos, aves se alimentando, uma série de

bases filogenéticas, mapas de vegetação, milhares de códigos, equações, métricas, gráficos, métodos e lindas teorias sobre como compreender melhor⁶ a natureza e suas inter-relações, a todos esses cientistas, muito obrigado.

Agradeço também aos membros da banca Carine, Paulo, Mathias, Milton e Marco pelas contribuições que farão esse trabalho ainda mais bonito.

E uma gratidão imensa a Marco Pizo, professor, orientador e amigo. Por acreditar nas minhas ideias malucas, por dar todo o espaço e suporte que um orientador pode dar e ser pra mim modelo de cientista, orientador e professor universitário que sonho ser no futuro. Obrigado a todos vocês, um grande abraço e boa leitura.

Inter-relações entre diversidade filogenética, estrutura da paisagem e redes de interações entre plantas e aves frugívoras

Resumo

A dispersão de sementes é um dos principais processos responsáveis pela manutenção e regeneração das florestas tropicais. É através dela que um número tão grande de espécies de plantas ocorrem nas florestas tropicais. Esta interação com vantagens mútuas ocorre a milhões de anos e gerando atributos cada vez mais eficientes em trazer nutrientes para os animais e qualidade de dispersão para as plantas. Por isso, buscamos entender se existe seleção por um dos lados da interação e como é possível através de características filogenéticas, entender a estrutura das redes mutualistas (cap.1). E como variações na quantidade de floresta e conectividade influenciam a diversidade filogenética e interações entre espécies evolutivamente distintas, e o efeito disso na robustez das redes (cap.2). No primeiro capítulo, descobrimos que a diversidade filogenética das plantas, mais que a das aves está ligada a especialização nas redes de interações, o que sugere um efeito “button up” das plantas selecionando as interações com aves mais generalistas ao longo do tempo evolutivo. No segundo capítulo descobrimos que áreas mais florestadas e mais conectadas mantêm até 18 vezes mais diversidade filogenética e interações entre espécies evolutivamente distintas, o que tem grande efeito na robustez das redes de interações. Esses achados mostram a importância das grandes florestas em manter informação evolutiva e consequentemente a saúde e a resistência dos processos ecológicos contra as mudanças ambientais.

Palavras-chave: Ecologia, Ecologia da paisagem, Mutualismo, Evolução

Abstract

Seed dispersal is one of most important ecological process in tropical forests: most of the plant species depends on animals to disperse their seeds and a lot of vertebrates depend on essential nutritional resources obtained from fruits. These interactions have been occurring during millions of years and several different forces influenced the

evolution to increase the diversity of interactions in the tropics. Here, using a great data set of feeding bouts of frugivorous birds on plants we tested how phylogenetic diversity drive the diversity of interactions and how phylogenetic relationships are associated to network specialization between plants and frugivorous birds (cap.1). And what is the effect of forest cover and landscape connectivity to the phylogenetic diversity (PD) of interacting birds and plants and the evolutionary distinctiveness of the interactions (EDi) between them, and (2) how EDi and plant/bird PD affect the robustness of the interaction networks (cap.2). In the first chapter we found that the phylogenetic diversity of plants is the driver of specialization in frugivory interactions, indicating an important bottom-up effect on the network specialization between plants and frugivorous birds. And in the second We found that more forested areas keep plant and bird PD and EDi that is 18 times greater than areas with lower forest cover. Landscape connectivity is an important factor to predict bird PD, but not plant PD, suggesting that seeds may not move among forest fragments as easily as birds. Furthermore, interactions networks of areas with higher PD and EDi had great robustness both to plant and bird simulated extinction, which is in favor of the importance of larger forested areas to keep evolutionary information and consequently the health and natural resistance of seed dispersal networks against environmental change.

Key-words: Ecology, Landscape ecology, Mutualism, Evolution

Sumário

Introdução geral:	14
Capítulo 1:	
The structure of mutualistic networks between plants and frugivorous birds is associated with their phylogenetic diversity	18
Material suplementar:	39
Capítulo 2:	
Landscape degradation has pervasive effects on the maintenance of evolutionary distinct interactions in seed dispersal networks	45
Material suplementar:	67
Conclusão Geral:	72
Manifesto:	75

Introdução Geral

“Observing plant-animal interactions in nature has remained one of the most fascinating aspects of our scientific activity. We recall the unforgettable experience of witnessing frugivorous birds feeding on fruit or hummingbirds pollinating flowers. These are mutually beneficial interactions: animals move the genes of the plants across the landscape, and obtain a food reward for this service. Mutualisms in nature are widespread and have played a major role in the diversification of life on Earth. A persistent challenge is to understand how these mutualistic interactions evolve and coevolve in species rich communities.” (Bascompte e Jordano, 2014 pg xi).

As interações mutualistas exercem um grande fascínio naqueles que as observam na natureza. Aqui, fascinados por elas, particularmente pela dispersão de sementes por aves, procuramos avançar na sua compreensão ao investigar como elas evoluem e como resistem a mudanças da cobertura vegetal, fragmentação e degradação de habitats no Antropoceno. Para isso, e motivados por esse fascínio e desafio, apresentamos uma perspectiva que vai além das espécies, envolvendo suas interações ecológicas, a quantidade de informação evolutiva que essas interações carregam e o efeito que as mudanças na paisagem exercem sobre elas.

A dispersão de sementes é um importante processo ecológico que mantém e participa da restauração das florestas tropicais. É, em grande parte, graças a ela que temos tão grande diversidade de espécies e atributos funcionais que possibilitam enorme variação de nichos tanto para plantas quanto para animais frugívoros (Janzen 1971). Algumas vezes, a dispersão de sementes envolve invertebrados, mas é principalmente com os vertebrados, como mamíferos e aves, que a maioria dessas interações ocorrem (Kaufmann et al. 1991, Bascompte 2019). É uma interação ecológica de milhões de anos, durante os quais diversos atributos morfológicos e comportamentais foram selecionados para possibilitar a interação entre plantas e vertebrados cada vez mais eficiente (Howe e Miriti 2004) e com vantagens mútuas. Entre essas vantagens estão a grande variação na qualidade nutricional dos frutos, com uma grande variedade de sais, açúcares, proteínas e lipídios, que atraem uma enorme variedade de animais e são recursos importantes na dieta de vertebrados (Bairlein 1996). Em contrapartida, os animais podem promover a quebra da dormência e⁹ a ativação da germinação das sementes, mas principalmente as carregam

para longe da planta mãe, aumentando suas chances de sobrevivência (Jordano et al. 2010).

O Antropoceno, nossa atual época geológica, é marcada por intensas modificações no ambiente, tanto em aspectos físicos como biológicos, o que – ao mesmo tempo que compromete a manutenção da biodiversidade e de funções ecossistêmicas – propicia novos cenários potenciais de inter-relações entre espécies (Johnson et al. 2017). As causas dessas modificações são principalmente a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento, mudanças na paisagem e a defaunação (Crutzen 2006), o que pode levar a um efeito cascata e ao colapso de processos ecológicos, entre eles a dispersão de sementes (Perez-Mendez et al. 2016). Diante disso, muitos ecólogos tentam entender como as espécies se adaptam a essas mudanças e como podemos mitigar, prever e evitar a extinção não só das espécies, mas também das interações das quais elas participam no ecossistema (Bascompte e Jordano 2007, Galetti et al. 2013).

Buscando responder sobre questões relacionadas à filogenia, efeito da estrutura da paisagem e redes de interações planta-aves, estruturamos essa tese em dois capítulos. O primeiro foi elaborado em uma parceria com o Dr. Mathias Schleuning durante seis meses de intercâmbio em Frankfurt-Alemanha no Senckenberg Biodiversity and Climate Research Centre. Nesse capítulo, usamos 26 redes de interações entre plantas e aves frugívoras, distribuídas entre os biomas do Cerrado brasileiro e a Floresta Atlântica, para entender como a diversidade filogenética das plantas e aves frugívoras refletem a diversidade nas redes de interação e como essa diversidade filogenética está associada à especialização nessas redes. Os resultados obtidos nos dão indícios sobre quais dos grupos (plantas ou aves) exerceu maior força de seleção no passado evolutivo das interações.

No segundo capítulo, ampliamos a base de dados anterior para 29 redes de interações e restringimos as análises para a Floresta Atlântica. Aqui procuramos entender como a quantidade de floresta, área do fragmento e conectividade funcional, interferem nas relações filogenéticas e na robustez das redes de interações entre plantas e aves frugívoras. Nossos resultados permitiram, quantificar o efeito da fragmentação na extinção de interações bem como a importância evolutiva dessas interações na robustez das redes de interações frente às mudanças antrópicas.

Referências bibliográficas

- Bairlein, F. (1996). Fruit-eating in birds and its nutritional consequences. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 113(3), 215–224.
- Bascompte, J., Jordano, P., Pascual, M., & Dunne, J., 2007. The Structure of Plant-Animal Mutualistic Networks. *Ecological Networks*, 143–159.
- Bascompte, J. and Jordano, P. 2014. Mutualistic networks. *Monographs in Population Biology Series*, no. 53. Princeton University Press, Princeton, USA.
- Bascompte, J. (2019). Mutualism and biodiversity. *Current Biology*, 29(11), R467–R470.
- Crutzen, P. J. (2006). The anthropocene. In *Earth System Science in the Anthropocene* (pp. 13–18).
- Galetti, M., Guevara, R., Côrtes, M. C., Fadini, R., Von Matter, S., Leite, A. B., Labacca, F¹⁰., Ribeiro, T., Carvalho, C. S., Collevatti, R. G., Pires, M. M., Guimarães, P. R., Brancalion, P. H., Ribeiro, M. C., & Jordano, P. (2013). Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. *Science*, 340(6136), 1086–1090.
- Howe, H. F., & Miriti, M. N. (2004). When Seed Dispersal Matters. *BioScience*, 54(7), 651–660.
- Johnson, C. N., Balmford, A., Brook, B. W., Buettel, J. C., Galetti, M., Guangchun, L., & Wilmschurst, J. M., 2017. Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science*, 356(6335), 270–275.
- Jordano, P., Forget, P., Lambert, J. E., Böhning-gaese, K., Traveset, A., Wright, S. J., & Bo, K., 2010. Frugivores and seed dispersal : mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction Subject collections Frugivores and seed dispersal : mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction. *Biology Letters*, 7(3), 321–323.
- Jordano, P., Forget, P., Lambert, J. E., Böhning-gaese, K., Traveset, A., Wright, S. J., & Bo, K. (2010). Frugivores and seed dispersal : mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction Subject collections Frugivores and seed dispersal : mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction. *Biology Letters*.
- Kaufmann, S., Mckey, D. B., Hossaert-Mckey, M., & Horvitz, C. C. (1991). Adaptations for a Two-Phase Seed Dispersal System Involving Vertebrates and Ants in a Hemiepiphytic Fig (*Ficus microcarpa* : Moraceae). *American Journal of Botany*, 78(7), 971–977.
- Pérez¹¹-Méndez, N., Jordano, P., García, C., & Valido, A. (2016). The signatures of Anthropocene defaunation: Cascading effects of the seed dispersal collapse. *Scientific Reports*, 6(December 2015), 1–9.

Conclusão Geral

Dado esses dois passos na expansão do conhecimento sobre como interações mutualistas evoluem e como mudanças no ambiente influenciam sua estrutura, venho então concluir este trabalho, primeiro agradecendo a tantas pesquisadoras e pesquisadores, a maioria brasileiros, que dedicaram tamanha energia observando plantas com frutos para registrar as interações com as aves. Esse tipo de pesquisa básica, tão desvalorizada nos tempos atuais, foi a base da construção dessa tese, que juntou trabalhos realizados em diferentes regiões para entender padrões macro-ecológicos.

Com essa visão macro-ecológica conseguimos entender que a diversidade filogenética de plantas e aves frugívoras é um dos grandes componentes ligados à diversidade de interações. Também encontramos que comunidades com aves mais agrupadas filogeneticamente tendem a ter maior diversidade de interações. Além disso, encontramos um importante efeito *bottom-up* segundo o qual a diversidade filogenética das plantas, mais que a das aves, está relacionada às redes de interações mais generalistas. Pudemos ainda demonstrar que áreas com maior quantidade de florestas, maior diversidade filogenética e interações evolutivamente distintas tendem a manter maior robustez nas redes de interações entre plantas e aves frugívoras.

Chamamos a atenção aqui para a emergência de uma visão cada vez mais multidisciplinar da conservação e do entendimento sobre a extinção das interações no antropoceno. Sob essa ótica, devemos valorizar ainda mais aspectos filogenéticos/evolutivos da diversidade biológica e dos processos ecológicos, assim como o uso conjunto das seguintes métricas: diversidade filogenética (PD), distinção evolutiva das espécies (EDi) e o índice de parentesco líquido (*net relatedness index-NRI*), num contexto de interações mutualistas. Essa visão possibilita interpretações importantes sobre como as relações filogenéticas das espécies fornecem informações sobre as interações ecológicas em ambientes megadiversos.

Também é importante lembrar que, apesar dos enormes esforços dos pesquisadores para registrar interações, elas são efêmeras. Existe uma incerteza sobre suas frequências, se algumas das interações registradas resultam de um rearranjo (*rewiring*) de interações extintas no passado, ou se são interações raras devido a mudanças no ambiente e no comportamento dos frugívoros. Essa incerteza é mais

visível no primeiro capítulo, no qual, apesar de não termos métricas de paisagem, sabemos que parte das áreas amostradas são degradadas ou em fase de regeneração. Neste sentido, este capítulo diferiu do segundo capítulo, que foi desenvolvido após a publicação do *data paper* de Bello et al. (2017), que incluiu na nossa base de dados mais 10 áreas, a maioria delas preservadas, como o Parque Estadual de Carlos Botelho e o Parque Estadual Intervales, que englobam uma grande região protegida de Floresta Atlântica na Serra do Mar.

Uma grande limitação do segundo capítulo é o lapso temporal entre a época de tomada dos dados em campo e a atual situação da paisagem revelada em imagens recentes de satélite. A mediana do ano de publicação dos trabalhos foi 2005, sendo o trabalho de Zimmerman (1996) o mais antigo, enquanto o de Robinson (2015), o mais recente. Nesse capítulo, devido à dificuldade operacional de mapeamento de cada ano de publicação, decidimos extrair todas as métricas de paisagem para cada local a partir de um mapa temático basal construído em 2014. Apesar dessas limitações, os resultados encontrados sugerem que a perda de florestas leva à perda de diversidade filogenética, interações evolutivamente distintas e à perda de robustez nas redes de interações, demonstrando que a diferença temporal entre as métricas de paisagem e os registros de interações são menos importantes que os padrões ecológicos encontrados.

Encerramos sugerindo novas pesquisas, ou mesmo a continuação desta, de modo a adicionar mudanças temporais na paisagem como uma variável das inter-relações aqui investigadas. Modelos que possam entender o rearranjo das interações e como elas mantêm a robustez das redes e a eficiência da dispersão de sementes mesmo em ambientes impactados ou em restauração (Pires 2017, Raimundo et al. 2018, Vizentin Bugoni et al. 2020) também representam um grande passo para a expansão do conhecimento nessa área.

Referências bibliográficas

Bugoni, J. V., Maruyama, P. K., & Sperry, J. H. (2020). Including rewiring in the estimation of the robustness of mutualistic networks. 2020(September 2019), 106–116.

- Pires, M. M. (2017). Rewilding ecological communities and rewiring ecological networks. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15(4), 257–265.
- Raimundo, R. L. G., Guimarães, P. R., & Evans, D. M. (2018). Adaptive Networks for Restoration Ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 33(9), 664–675.