



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - RIO CLARO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO" – CAMPUS DE RIO CLARO

ECOLOGIA

YURI MALUF NAPOLEÃO

**CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS COMO
MEDIADORAS DAS INTERAÇÕES ANIMAL-
PLANTA EM REDES MUTUALÍSTICAS DE
MATA ATLÂNTICA SEMIDECÍDUA**



Rio Claro - SP
2022

YURI MALUF NAPOLEÃO

**CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS COMO MEDIADORAS DAS
INTERAÇÕES ANIMAL-PLANTA EM REDES MUTUALÍSTICAS DE
MATA ATLÂNTICA SEMIDECÍDUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, para obtenção do grau de Ecólogo

Orientador: Marco Aurélio Pizo Ferreira

Rio Claro - SP
2022

N216c

Napoleão, Yuri Maluf

Características funcionais como mediadoras das interações animal-planta em redes mutualísticas de Mata Atlântica semidecídua / Yuri Maluf Napoleão.

-- Rio Claro, 2022

39 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ecologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Marco Aurélio Pizo Ferreira

1. Zoologia. 2. Aves. 3. Florestas tropicais. 4. Sementes. 5. Ornitologia. 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.

YURI MALUF NAPOLEÃO

**CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS COMO MEDIADORAS DAS INTERAÇÕES
ANIMAL-PLANTA EM REDES MUTUALÍSTICAS DE MATA ATLÂNTICA
SEMIDECÍDUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Ecólogo

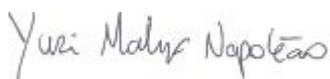
BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marco Aurélio Pizo Ferreira

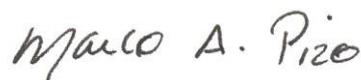
Profa. Dra. Marina Corrêa Côrtes

Dra. Ana Cristina Crestani

Aprovado em: 14 de janeiro de 2022



Assinatura do discente



Assinatura do(a) orientador(a)

**Dedico este trabalho a minha falecida mãe, uma guerreira que
estará sempre presente em minhas lembranças.**

AGRADECIMENTOS

Na jornada até aqui conheci pessoas incríveis que foram essenciais para o meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço imensamente cada uma delas pelos conselhos, apoio e principalmente pela amizade.

Primeiro gostaria de agradecer a minha mãe Nadja, que me apoiou em todas as minhas decisões e que mesmo em situações difíceis fez o possível e o impossível para que eu realizasse meus sonhos. Quero agradecer também minha noiva Gabriela, que me deu uma nova família (sogra, sogro, cunhadas e sobrinhos incríveis) e esteve ao meu lado comemorando minhas conquistas e sofrendo comigo minhas perdas. Perder uma mãe é uma dor imensurável e sem minha família e amigos ao meu lado, tudo teria sido muito mais difícil. Quero deixar minha gratidão para meu irmão Gabriel que sempre se preocupou com meu futuro e me aconselhou em momentos de incertezas. Um agradecimento também aos meus amigos de longa data, Bibi, Edsan, Brunão, Lê e Fabio que me ouviram e me apoiaram diariamente durante a reta final da graduação, mas principalmente para meu amigo Thiagão, que além de me ouvir, me ensinou a usar ferramentas que facilitaram muito na produção do meu TCC.

Durante os cinco anos de graduação conheci pessoas fantásticas que vou levar nas minhas lembranças. Fui recebido pela galera da Ecologia de braços abertos e tive a oportunidade de fazer amizades que tenho certeza que levarei para vida toda. Agradeço aos meus amigos de casa, Preju, Pacote, Perdeu, Simon, Treze e Antonella pela convivência durante quase todo tempo de graduação. Obrigado também Japanão, Goku, Vinão, Lenha, Kinder, Atre, Chá, Duza, Missano, Fulbert, Isa, Preco, Moisés, Frito, Jaça e muitas outras pessoas que tive o prazer de conhecer e dividir ótimos momentos. Para finalizar, obrigado para todos (as) professores (as) e profissionais que me orientaram com muita vontade e dedicação. Um agradecimento especial para meu orientador Marco Pizo, Marina Côrtes, Ana Crestani, Yuri Souza e para a equipe do Laboratório de Ecologia de Aves e Laboratório de Ecologia Molecular.

RESUMO

Em florestas tropicais as interações mutualísticas animal-planta são fundamentais para o processo gradual de mudanças da estrutura e composição de comunidades (Sucessão Ecológica) e a recuperação dessas áreas estão diretamente ligadas a processos de polinização e dispersão de sementes por animais. Portanto, conhecer os atributos funcionais e abundância de espécies que participam de interações mutualísticas é essencial para identificar padrões de interações em teias tróficas de comunidades ecológicas, além de possibilitar identificação de espécies-chaves, que variam de acordo com a estrutura das interações. Aqui analisamos a conectância, grau e força de interação de 6 redes mutualísticas hipotéticas criadas a partir de combinações de características e abundância de espécies de aves frugívoras e plantas ornitocóricas que ocorrem na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí com o objetivo de examinar a estrutura dessas redes e identificar potenciais espécies-chaves. Nossos resultados mostraram que todas as redes simuladas apresentaram valores altos de conectância e grau normalizado, enquanto 4 das 6 redes mostraram padrões de força de interação fracos. *Cyanocorax cristatellus* entre as aves e *Casearia sylvestris* entre as plantas apresentaram fortes interações em todas as redes hipotéticas e estas são consideradas espécies-chaves dentro das teias tróficas simuladas. O estudo mostrou ter potencial para identificar espécies prioritárias a fim de guiar estudos empíricos e pode auxiliar pesquisas que busquem analisar parâmetros de redes ecológicas.

Palavras-chave: interações mutualísticas; redes; espécies-chaves; força de interação.

ABSTRACT

In tropical forests, mutualistic animal-plant interactions are fundamental for the gradual process of changes in the structure and composition of communities (Ecological Succession) and the recovery of these areas is directly linked to processes of pollination and seed dispersal by animals. Therefore, knowing the functional attributes and abundance of species that participate in mutualistic interactions is essential to identify patterns of interactions in trophic webs of ecological communities, in addition to enabling identification of key species, which vary according to the structure of the interactions. Here we analyze the connectivity, degree and strength of interaction of 6 hypothetical mutualistic networks created from combinations of characteristics and abundance of species of frugivorous birds and ornithochoric plants that occur in the Corumbataí River Basin in order to examine the structure of these networks and identify potential key species. Our results showed that all simulated networks showed high values of connectance and normalized degree, while 4 of the 6 networks showed weak interaction strength patterns. *Cyanocorax cristatellus* among birds and *Casearia sylvestris* among plants showed strong interactions in all hypothetical networks and these are considered key species within the simulated food webs. The study has shown to have the potential to identify priority species in order to guide empirical studies and can help research that seek to analyze parameters of ecological networks.

Keywords: mutualistic interactions; networks; key species; interaction strength.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica de um modelo linear e equação para inferir largura de bico das aves em função da sua massa corporal.....	16
Figura 2 - <i>Ramphastos toco</i> se alimentando de um fruto inteiro de <i>Euterpe edulis</i> .	18
Figura 3 - <i>Tangara cayana</i> se alimentando de um fruto de <i>Eugenia uniflora</i>	19
Figura 4 - Distribuição de frequência de grau de frugivoria das espécies de aves frugívoras dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí.	21
Figura 5 - Distribuição de abundância das espécies de aves frugívoras.	22
Figura 6 - Distribuição de abundância das espécies plantas ornitocóricas.	23
Figura 7 - Distribuição de grau normalizado das espécies de aves frugívoras.	25
Figura 8 - Distribuição de grau normalizado das espécies de plantas ornitocóricas.	26
Figura 9 - Distribuição de força de interação das espécies de aves frugívoras. ...	29
Figura 10 - Distribuição de força de interação das espécies de plantas ornitocóricas.	30
Figura 11 - Distribuição de frequências de força de interação das aves nas redes simuladas segundo os vários cenários considerados.....	31
Figura 12 - Distribuição de frequências de força de interação das aves nas redes simuladas segundo os vários cenários considerados.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conectância das redes de interação hipotéticas.....	24
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 JUSTIFICATIVA	12
3 OBJETIVO	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	14
4.2 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES E COMPILAÇÃO DE DADOS.....	14
4.2.1 Aves frugívoras.....	15
4.2.2 Plantas ornitocóricas.....	16
4.3 CONSTRUÇÃO DE REDES DE INTERAÇÕES A PARTIR DE CENÁRIOS HIPOTÉTICOS.....	17
4.3.1 Cenário 1 - Abundância X Abundância.....	17
4.3.2 Cenário 2 - Largura de bico X Diâmetro da semente.....	18
4.3.3 Cenário 3 - Combinando abundâncias e morfologias.....	19
4.4 ANÁLISE DE DADOS.....	20
5 RESULTADOS	21
5.1 CONECTÂNCIA.....	23
5.2 GRAU NORMALIZADO.....	24
5.3 FORÇA DE INTERAÇÃO.....	26
6 DISCUSSÃO	33
7 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas biológicos naturais são moldados pelas diversas interações entre as espécies, que formam uma rede de interações e afetam a estrutura e a composição das comunidades (Lewinsohn et al. 2006). Reconhecer o papel de cada organismo que compõe essas redes é essencial para identificar e prever a estabilidade das comunidades, assim como para determinar a estrutura e o funcionamento do ecossistema, ou seja, a soma de processos determinísticos e estocásticos que ocorrem em comunidades naturais (Siqueira & Henry-Silva, 2011), além de possíveis coevoluções (Pires & Guimaraes, 2013). Para entender a dinâmica dessas interações é preciso conhecer as características das espécies interagentes, por exemplo, a *Bertholletia excelsa*, árvore de grande porte, produz flores protegidas por capuz ou elmo, estrutura que recobre os recursos (pólen e néctar) da flor. Essa árvore é polinizada por abelhas grandes, que graças aos movimentos vigorosos de suas pernas anteriores, conseguem abaixar o capuz e adentrar total ou parcialmente na câmara corolífera e acessar os recursos florísticos da planta, enquanto abelhas pequenas interagem apenas com as sobras de polens que escapam e se fixam nas pétalas das flores (Maués et al., 2015). Portanto, a eficiência do processo de polinização nesse caso é favorecida pelas características correspondentes da *Bertholletia excelsa* e de espécies de abelhas grandes, enquanto as abelhas pequenas podem interagir, porém com menor frequência e eficácia no processo de polinização. Interações como essas são extremamente comuns em florestas tropicais, nas quais a alta diversidade de plantas dependem de animais para se reproduzirem, enquanto os animais são beneficiados pelo uso dos recursos produzidos pelas plantas (Leal et al., 2018). Interações com benefícios mútuos entre diferentes espécies são conhecidas como mutualismos e resultam em efeitos ecológicos, como a dispersão de sementes e o recrutamento de plantas, e efeitos evolutivos, como a adaptação das sementes para serem dispersos por animais específicos (Galetti et al., 2013). O entendimento desses processos é crucial para se avaliar as funções ecológicas em uma área, assim como a recuperação de ambientes degradados ou perturbados por atividades humanas, como o desmatamento e a extinção de espécies (Vosgueritchian, 2010).

Dentre os tipos de interação entre as plantas e os animais, principalmente os vertebrados, a dispersão de sementes por animais (zoocoria) é uma das mais

importantes para que um ecossistema se mantenha funcional e diverso, principalmente ecossistemas tropicais, aonde a diversidade é alta e as plantas apresentam frutos com diferentes composições químicas e tamanhos. Estima-se que cerca de 87% de todas as árvores desse bioma produzem frutos carnosos e muitos deles são dispersados por aves frugívoras (Jordano et al. 2006). A dispersão das sementes desses frutos é um processo ecológico chave no qual as sementes são removidas das imediações da planta materna para sítios adequados, ou seja, onde predação e competições acontecem com menor frequência, aumentando a probabilidade dessa semente encontrar condições adequadas para a germinação e crescimento (Francisco e Galetti, 2001; Jordano et al., 2006). Esses animais são classificados como frugívoros e as aves constituem o grupo mais importante de agentes dispersores (Cortês, 2006), não apenas pela sua abundância, mas também pela frequência com que se alimentam de frutos, sua alta capacidade de deslocamento e a grande diversidade de espécies (Scherer et al., 2007; Pizo & Galetti, 2010).

Um aspecto importante de espécies dispersoras de sementes é a composição de sua dieta alimentar e o tratamento dado aos frutos. Para as aves, por exemplo, poucas espécies são frugívoras estritas (que se alimentam apenas de frutos), porém existem muitas espécies que são consideradas eficientes dispersores de sementes mesmo compondo sua dieta com outras opções de alimentos, como insetos e carne (Pizo & Galetti, 2010). As características funcionais das aves frugívoras (e.g., tamanho de bico, tamanho corporal, grau de frugivoria) e plantas ornitócoricas (e.g., tamanhos de frutos e sementes, abundância, cores, nutrientes) também estão relacionadas ao consumo e à eficiência de dispersão das sementes, pois esses e outros atributos podem influenciar na escolha alimentar pelas aves (Faustino & Machado, 2006; Dias & Huszar, 2011). Essa abordagem de atributos funcionais tem se popularizado nas últimas décadas, e agrupar esses organismos a partir de suas características funcionais aumenta a eficácia na identificação de processos ecológicos e das predições de estruturas de comunidades (Peres, 2016).

Uma maneira de se avaliar as comunidades biológicas é através da utilização da abordagem de redes ecológicas, as quais facilitam a visualização de interações a nível de indivíduos, populações e comunidades (Bascompte & Jordano, 2007). O número real, ou observável, de interações em redes ecológicas exige um grande esforço amostral, e adquirir um inventário completo das interações que ocorrem em

uma comunidade é uma tarefa improvável de se realizar. Porém, a partir de uma análise robusta dos padrões das características funcionais e métricas de espécies, é possível prever interações ocorrentes e aquelas que não ocorrem devido a restrições evolutivas e ecológicas em redes mutualistas (Jordano, 2016). Nesse trabalho nos propusemos a investigar como as interações potenciais baseadas em características funcionais de aves e plantas moldam a estrutura de redes mutualísticas de dispersão de sementes em fragmentos secundários de Mata Atlântica.

2 JUSTIFICATIVA

O intenso desmatamento da Mata Atlântica é algo historicamente conhecido e as consequências para a biodiversidade podem ser irreversíveis para a recuperação do bioma. A expansão agrícola causou fragmentação e perda de habitats para muitas populações naturais e pode afetar as funções ecossistêmicas de comunidades (Ribeiro et al. 2009). Compreender as funções de organismos presentes em fragmentos de Mata Atlântica é fundamental para identificar padrões de interações bióticas. Em ambientes do mundo todo, a dispersão de sementes tem influência direta no ciclo de vida da maioria das plantas (Jordano, 2006) e nos estágios sucessionais das comunidades (Almeida, 2016), podendo ser implementada em conjunto com técnicas de restauração ecológica em ambientes degradados (Vogel, 2014). Portanto, a proposta de simular interações mutualísticas utilizando características funcionais e abundância de aves frugívoras e plantas ornitocóricas pode se tornar uma ferramenta eficiente para identificar espécies-chaves e reconhecer padrões de dispersão de sementes em florestas tropicais. Pode ser utilizado também como instrumento de auxílio para estudos de dispersão de sementes em projetos de restauração ecológica dentro das delimitações da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí

3 OBJETIVO

O objetivo principal do trabalho é inferir interações utilizando combinações de características e abundância de espécies de plantas ornitocóricas e aves frugívoras que ocorrem na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí e a partir de métricas de redes ecológicas, examinar a estrutura das redes formadas a partir destas interações.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí está localizada no centro-oriental do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°41'46"S e 22°41'48"S e meridianos 47°26'23"W e 47°56'15"W. A área contém aproximadamente 1700 km² e encontra-se na Depressão Periférica Paulista. Abrange terras dos municípios de Corumbataí, Rio Claro, Ipeúna, Santa Gertrudes, Charqueada, Itirapina, Analândia e Piracicaba (Etchebehere et al., 2012).

A classificação Köppen-Geiger do clima da região é Cwa, com verões chuvosos e invernos secos. A precipitação média anual é de 1367 mm. Nos meses de estação chuvosa (outubro a março) ocorre a maior parte da precipitação (aproximadamente 1096 mm/ano). As temperaturas mais altas e baixas acontecem respectivamente nos períodos de dezembro a março e junho a julho (Valente & Vettorazzi, 2002).

4.2 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES E COMPILAÇÃO DE DADOS

Para o presente estudo, selecionei dados de riqueza, abundância, largura de bico e grau de frugivoria de aves frugívoras e riqueza, abundância e diâmetro de sementes de plantas ornitocóricas que ocorrem em alguns fragmentos secundários de floresta estacional semidecidual na região da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí. Criamos um banco de dados com informações de espécies de aves e plantas arbóreas presentes em fragmentos secundários nessa paisagem. O banco de dados foi construído usando plataformas de ciência cidadã, dados publicados e dados não publicados (ver seção 4.2.1). Os dados de riqueza de espécies foram compilados a partir de uma ferramenta online do eBird (Plataforma online de ciência cidadã gerenciada pelo Cornell Lab of Ornithology) com auxílio de um software de geoprocessamento (QGIS). No QGIS delimito a área da Bacia do Rio Corumbataí a partir da criação de um polígono. O polígono criado em formato kml foi inserido em uma ferramenta criada por um dos moderadores do eBird (<https://ebird-tools.thruhere.net/polygon.html>) que gerou uma lista de aves documentadas dentro da área do polígono.

A abundância das espécies de aves da bacia foi gerada a partir do levantamento realizado por Marli Penteado (Penteado, 2006) que quantificou as espécies utilizando o método de Ponto Fixo (Pizo & Galetti, 2010). Utilizei dados de abundância de espécies registradas em fragmentos de mata nativa e eucaliptal. Para as aves registradas fora dos limites citados, atribui o valor arbitrário de 0,5. Muitas espécies de aves listadas pelo eBird não foram registradas por Penteado (2006). Para não excluí-las das matrizes de interação do cenário 1, atribui o valor arbitrário de abundância de 0,25. Escolhemos esses valores baseado no valor mínimo de abundância registrada ($n = 1$ indivíduo).

As imagens que estão com baixa resolução podem ser visualizadas de forma individual e com alta definição clicando nos hiperlinks anexados aos números e letras das figuras que estão localizadas na legenda dos gráficos ou quando eles são citados no texto.

4.2.1 Aves frugívoras

Todas as espécies de aves utilizadas nesse trabalho foram classificadas como consumidoras de frutos e, de acordo com Wilman et al. (2014), para muitas delas os frutos não são os principais itens de sua dieta alimentar. Para representar o grau de frugivoria usei o Elton traits (Wilman et al., 2014), um banco de dados que classifica o consumo de frutos pelas aves em porcentagens que variam em intervalos de dezenas inteiras no qual a ave com “0%” e “100%” de consumo representam, respectivamente, “não consome frutos” e “consome apenas frutos”. As espécies selecionadas foram aquelas que tinham pelo menos 10% de grau de frugivoria (i.e., a contribuição relativa de frutos para dieta das aves). Vale ressaltar que alguns grupos de aves que regularmente se alimentam de frutos, como, por exemplo, os psitacídeos, podem não representar aves com alto potencial de dispersão, pois, mesmo podendo carregar frutos e sementes no bico e dispersá-las em longas distâncias da planta-mãe (Tella et al. 2015), estas também são predadoras de sementes, ou seja, as sementes são comumente destruídas durante a manipulação dos frutos e raramente são ingeridas intactas (Silva, 2007).

Para avaliar a eficiência no tratamento de frutos e na ingestão das sementes manipuladas pelas aves, dados morfométricos de largura de bico para cada espécie frugívora foram extraídos do Atlantic Bird Traits (Rodrigues et al., 2019). Não foram

encontrados dados de largura de bico para 18 espécies de aves que ocorrem na bacia e, para não excluí-las das análises, fizemos um modelo linear (intercept e estimates) com os valores do tamanho de bico em função da massa corporal para espécies de aves com dados disponíveis. A partir desse modelo, foi possível gerar a seguinte equação $y = a + bx$, onde “y” representa o valor estimado de largura de bico, “x” representa o valor de massa corporal, “a” representa a intersecção da reta no eixo y e “b” o coeficiente angular da reta. A partir dessa equação foi possível inferir a largura de bico das espécies a partir da sua massa corporal ($R^2 = 0,3112$; P-value: <0.01) (Figura 1). Não encontrei dados de massa corporal para *Gallinula chloropus*, *Cariama cristata*, *Dendrocygna bicolor* e *Phibalura flavirostris*, ou seja, foi possível inferir a largura de bico usando a equação para 14 espécies de aves sem dados de largura de bico disponíveis.

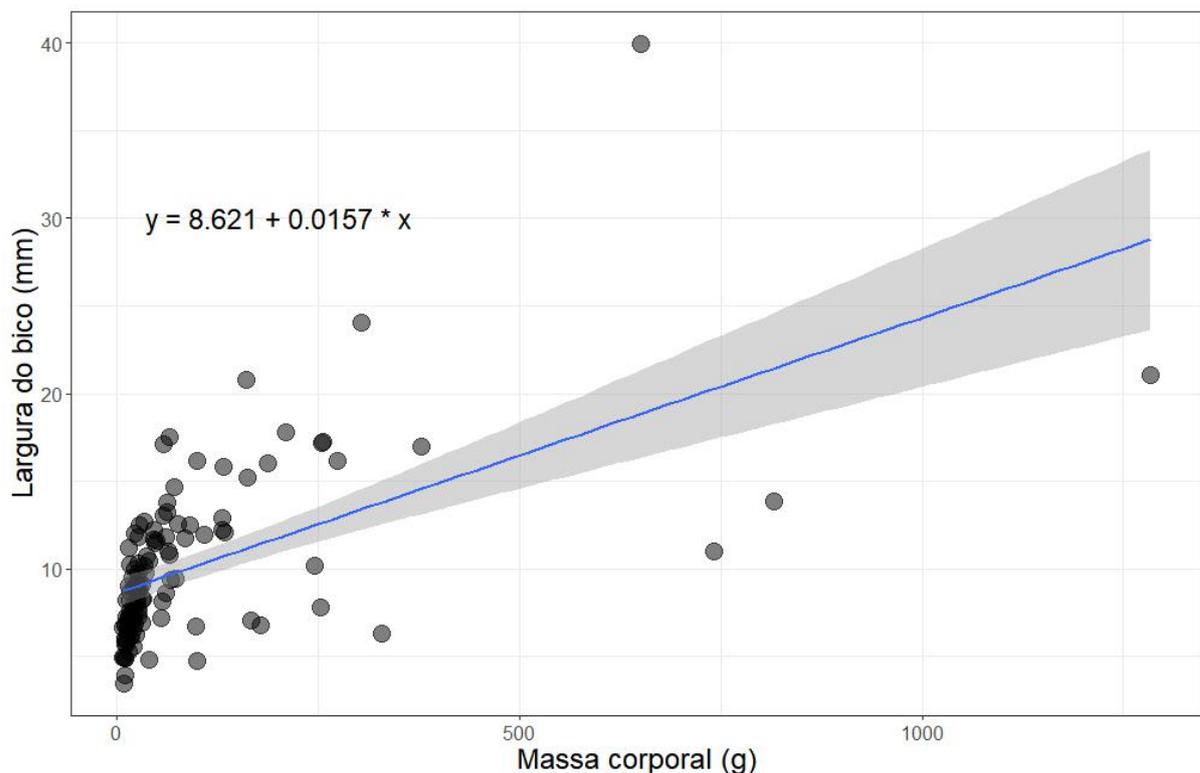


Figura 1 - Representação gráfica de um modelo linear e equação para inferir largura de bico das aves em função da sua massa corporal.

4.2.2 Plantas ornitocóricas

Todas as espécies de plantas utilizadas nesse trabalho são consumidas por espécies de aves (Kattge et al. 2011). Os dados de riqueza e abundância de

espécies dessas plantas foram fornecidos pelo projeto NewFor que está em fase de desenvolvimento no Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal da ESALQ/USP, Piracicaba/SP. Frequentemente o consumo de frutos pelas aves é limitado pelo tamanho da semente (Longon, 2010). Por isso escolhi o diâmetro de sementes como uma das condições de interação em duas das redes simuladas. Os diâmetros das sementes foram extraídos do TRY Plants (Kattge et al. 2011).

4.3 CONSTRUÇÃO DE REDES DE INTERAÇÕES A PARTIR DE CENÁRIOS HIPOTÉTICOS

As redes de interações foram construídas em formato de matriz binária e simuladas usando combinações de características funcionais de largura de bico e grau de frugivoria das aves e diâmetro de sementes de plantas, e ainda da abundância das aves frugívoras e das plantas ornitocóricas. As interações ocorreram de acordo com as condições estabelecidas para cada cenário (veja abaixo). Foram geradas duas redes de interações por cenário, uma delas influenciada pelo grau de frugivoria (GF) das aves enquanto a outra não. As combinações de características e condições estabelecidas em cada cenário foram elaboradas seguindo métodos de estudos de dispersão de sementes (Pizo & Galetti, 2010; Francisco e Galetti, 2001). A seguir são apresentados 3 cenários e suas respectivas condições.

4.3.1 Cenário 1 - Abundância X Abundância

No cenário 1 as aves e plantas interagiram de acordo com a abundância de ambas as espécies. A multiplicação do valor das abundâncias das espécies de ave e planta que interagiram foi denominada de “probabilidade de interação”. Portanto quanto maior a abundância de ambas as espécies, maior a probabilidade daquela possível interação de fato acontecer. Para deixar todas as interações nas mesmas escalas, os valores de abundância foram convertidos em uma escala de 0 a 100, na qual a espécie de ave ($n=74$) e planta ($n=335$) mais abundantes receberam o valor 100 e o restante das espécies com valores de abundância proporcionais na escala estabelecida. O valor de “probabilidade de interação” também foi convertido em uma escala de 0 a 100.

4.3.2 Cenário 2 - Largura de bico X Diâmetro da semente

No cenário 2 as aves e plantas interagiram de acordo com a capacidade das aves engolirem sementes inteiras, ou seja, as aves só interagem com sementes menores que a largura do seu bico. Como são cenários hipotéticos, consideramos como interação apenas as aves que conseguem consumir sementes inteiras, mesmo sabendo que aves consumidoras de polpas ocasionalmente dispersam sementes (Jordano, 1994). Espécies com bicos largos manipulam o fruto com mais facilidade (Figura 2) e o processo de dispersão de sementes para elas se torna mais eficiente quando comparadas a espécies pequenas que tendem a morder a polpa e não engolir sementes intactas (Figura 3) (Longon, 2010). Nesse cenário, as espécies de aves que cumprem ou não cumprem essa condição recebem, respectivamente, o valor de 100 e 0.



Figura 2 - *Ramphastos toco* se alimentando de um fruto inteiro de *Euterpe edulis*.

Fonte: Rodrigo Missano.



Figura 3 - *Tangara cayana* se alimentando de um fruto de *Eugenia uniflora*. Na figura a ave tem dificuldade de engolir o fruto inteiro e por isso consome apenas a polpa do fruto.

Fonte: Rodrigo Missano.

4.3.3 Cenário 3 - Combinando abundâncias e morfologias

No cenário 3 as interações entre aves e plantas foram definidas utilizando as combinações de abundância e características dos cenários anteriores, ou seja, multiplicando os valores resultantes dos cenários 1 e 2. As combinações dessas características somadas à preferência alimentar das aves presumiram conexões preferenciais de dispersão de sementes e interações proibidas, ou seja, aquelas que não ocorrem devido a algum tipo de restrição biótica ou abiótica (e.g. plantas que produzem sementes e frutos grandes e não podem ser dispersadas por aves pequenas) (Amatuzzi, 2009). Nesse cenário, os valores multiplicados também foram convertidos em uma escala de 0 a 100.

4.4 ANÁLISE DE DADOS

Para cada cenário, duas matrizes de interação foram criadas gerando um total de 6 redes hipotéticas. Em uma das matrizes de cada cenário, multipliquei os valores de probabilidade de interação pelo grau de frugivoria das aves. As redes foram elaboradas e organizadas com o auxílio do software RStudio R Core Team (2021). Para medir o grau de conectividade utilizarei a métrica de conectância usando especificamente o pacote “Bipartite” Dormann et al. (2008 Open Ecol J) e a função “networklevel” que é responsável por realizar análises de teias bipartidas ao nível de toda rede. A fórmula utilizada para calcular a conectância (C) é
$$C = \frac{\text{n}^\circ \text{ de interações observadas}}{\text{n}^\circ \text{ de interações possíveis}}$$
 e a partir dos resultados foi possível demonstrar e comparar o quanto as redes simuladas estão conectadas.

Para descrever cada espécie de ave e planta das teias tróficas dos cenários hipotéticos utilizei a função “specieslevel” que calcula vários índices para propriedades de rede ao nível de espécie. Dentre os índices, selecionei o parâmetro de grau normalizado (GN) que é representado para cada espécie como a proporção de espécies com as quais ela interage na rede (González et al. 2010). Escolhi também o parâmetro de força de interação (FI) que exhibe informações sobre a dependência mútua ou força entre cada par de espécies de planta e ave da rede, medida como frequência de interação (Bascompte et al. 2006). Examinar os valores de FI nos permite medir a força com que os pares interagem, possibilitando diferenciar espécies generalistas de espécies especialistas e identificar possíveis espécies-chaves nas redes (Bellay, 2013). Os índices GN e FI variam de 0 a 1 e ambos foram multiplicados por 100 para manter todos os resultados proporcionalmente padronizados.

5 RESULTADOS

Dentro dos limites da área de estudo, a ferramenta online do eBird registrou 146 espécies de aves frugívoras e a maior parte delas tem 20% de grau de frugivoria (Figura 4). Foram registradas também 109 espécies de plantas ornitocóricas. A distribuição de abundância por espécie de aves e plantas estão apresentadas nas figura 5 e figura 6. As espécies de aves e plantas mais abundantes foram respectivamente *Casearia sylvestris* (n=335 indivíduos) e *Basileuterus culicivorus* (n=74 indivíduos).

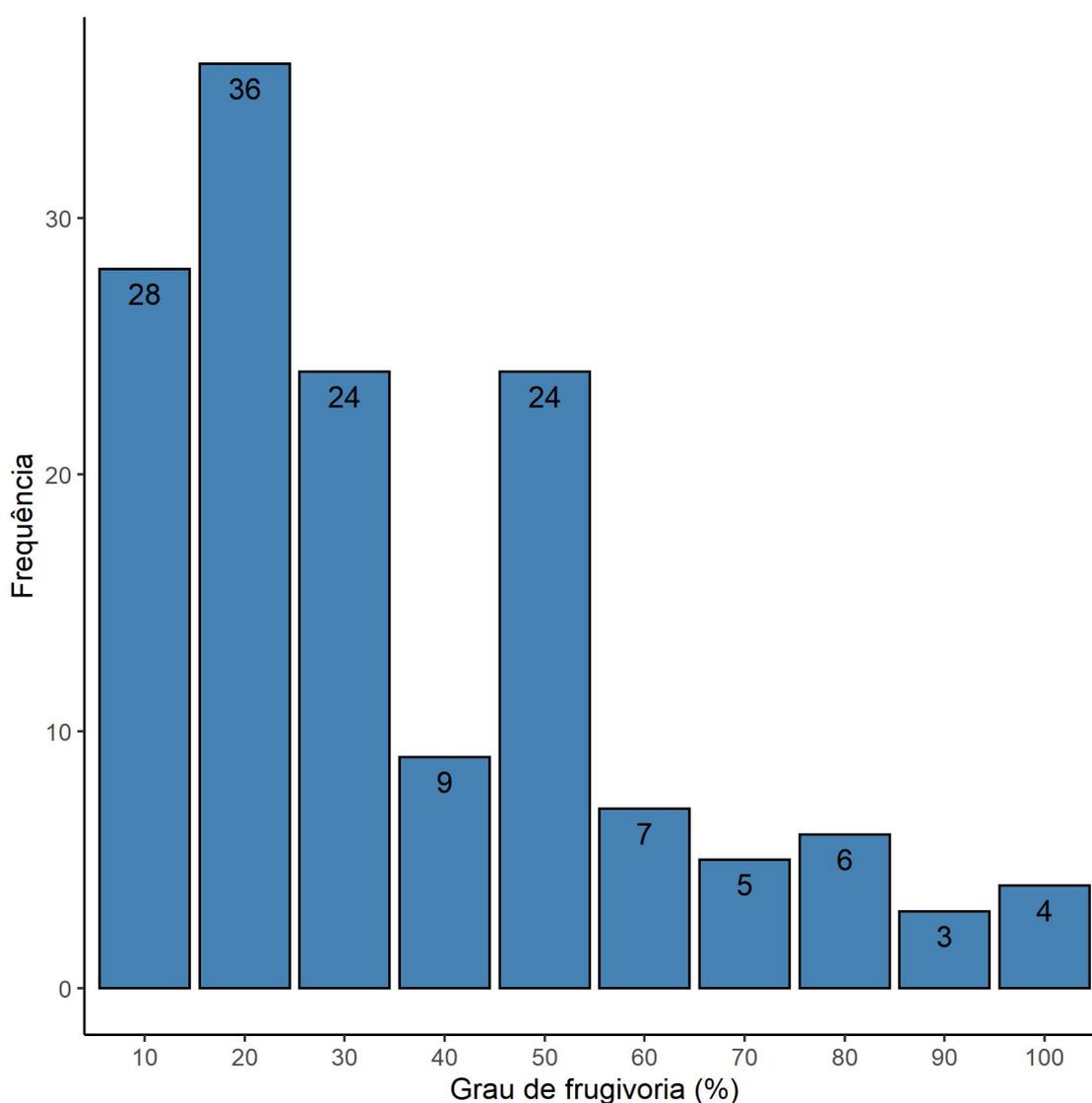


Figura 4 - Distribuição de frequência de grau de frugivoria das espécies de aves frugívoras dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí. Os números nas barras representam o número de espécies de aves.

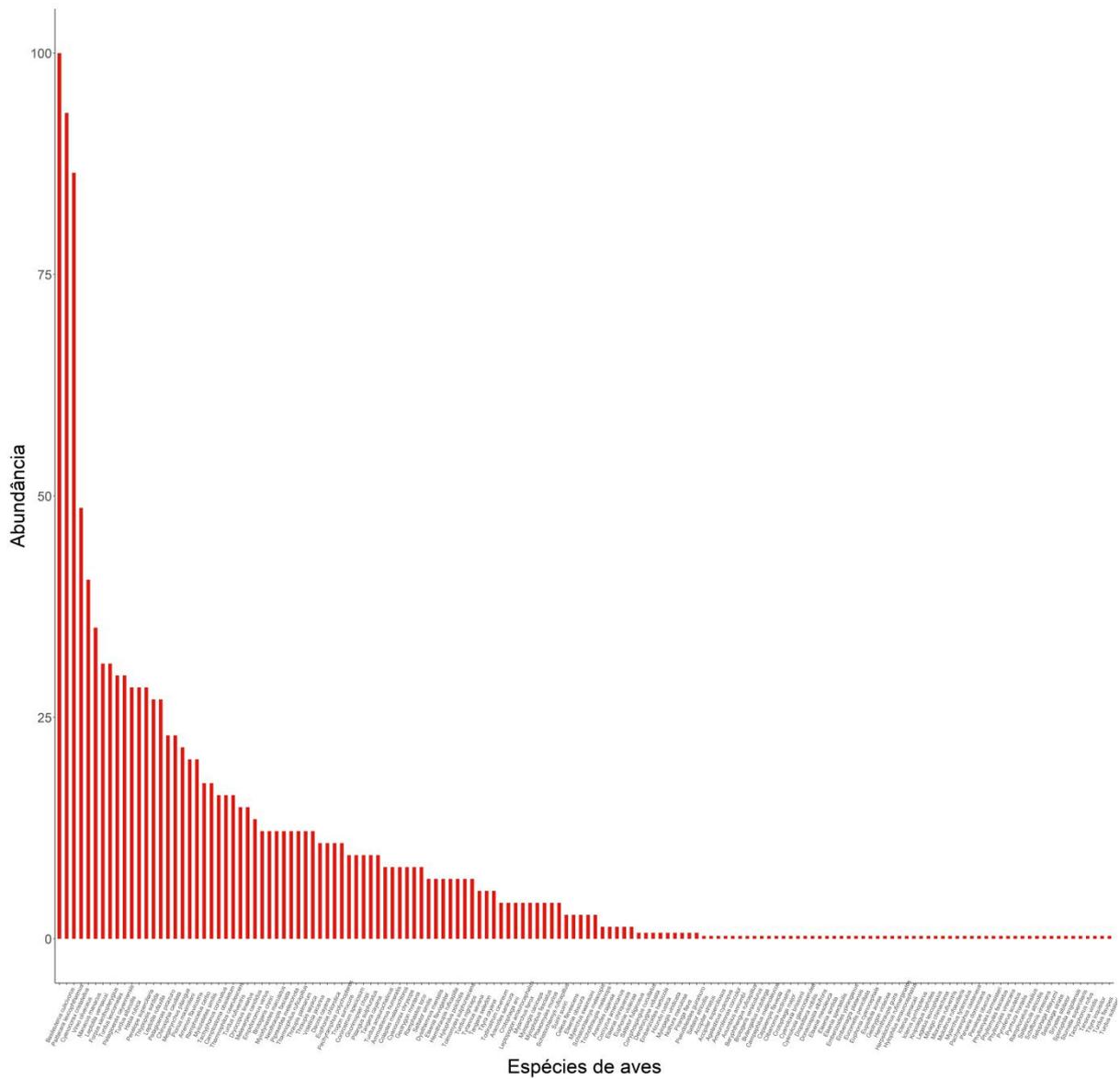


Figura 5 - Distribuição de abundância das espécies de aves frugívoras. No eixo Y os valores de abundância das espécies são apresentados dentro da escala de 0 a 100 pré definidas no item 4.3.1.

Tabela 1. Conectância das redes de interação hipotéticas

Cenários	Rede	Conectância
C1	1	1,00
C1 + GF	2	1,00
C2	3	0,81
C2 + GF	4	0,81
C3	5	0,81
C3 + GF	6	0,81

GF = Grau de frugivoria.

5.2 GRAU NORMALIZADO

A distribuição do grau normalizado (GN) para cada espécie de ave e planta pode ser observado nas figuras 7 e 8. Os cenários que incluem o grau de frugivoria (C1 + GF, C2 + GF, C3 + GF) não foram demonstrados, pois o GN para eles são idênticos aos seus respectivos cenários (C1, C2, C3).

Nas redes do cenário 1, todas as espécies tem o valor máximo de GN (Figura [7a](#) e [8a](#)), pois, mesmo que uma ave ou planta apresente baixa probabilidade de interação (e.g. *Piranga flava* e *Acnistus arborescences* (Figura [5](#) e [6](#))) é considerada interação e portanto recebe o valor máximo. Nas redes do cenário 2 e 3 o total de espécies de aves e plantas com valor máximo de grau normalizado (GN = 100) são respectivamente 3 (*Ramphastos toco*, *Pyroderus scutatus*, *Buteogallus urubitinga*) (Figura [7b](#) e [7c](#)) e 23 (destaque para a mais abundante *Casearia sylvestris*) (Figura [8b](#) e [8c](#)). As espécies de aves e plantas com menores valores de GN são respectivamente *Setophaga striata* e *Setophaga pitiayumi* (GN = 23), e *Copaifera langsdorffii* (GN = 3).

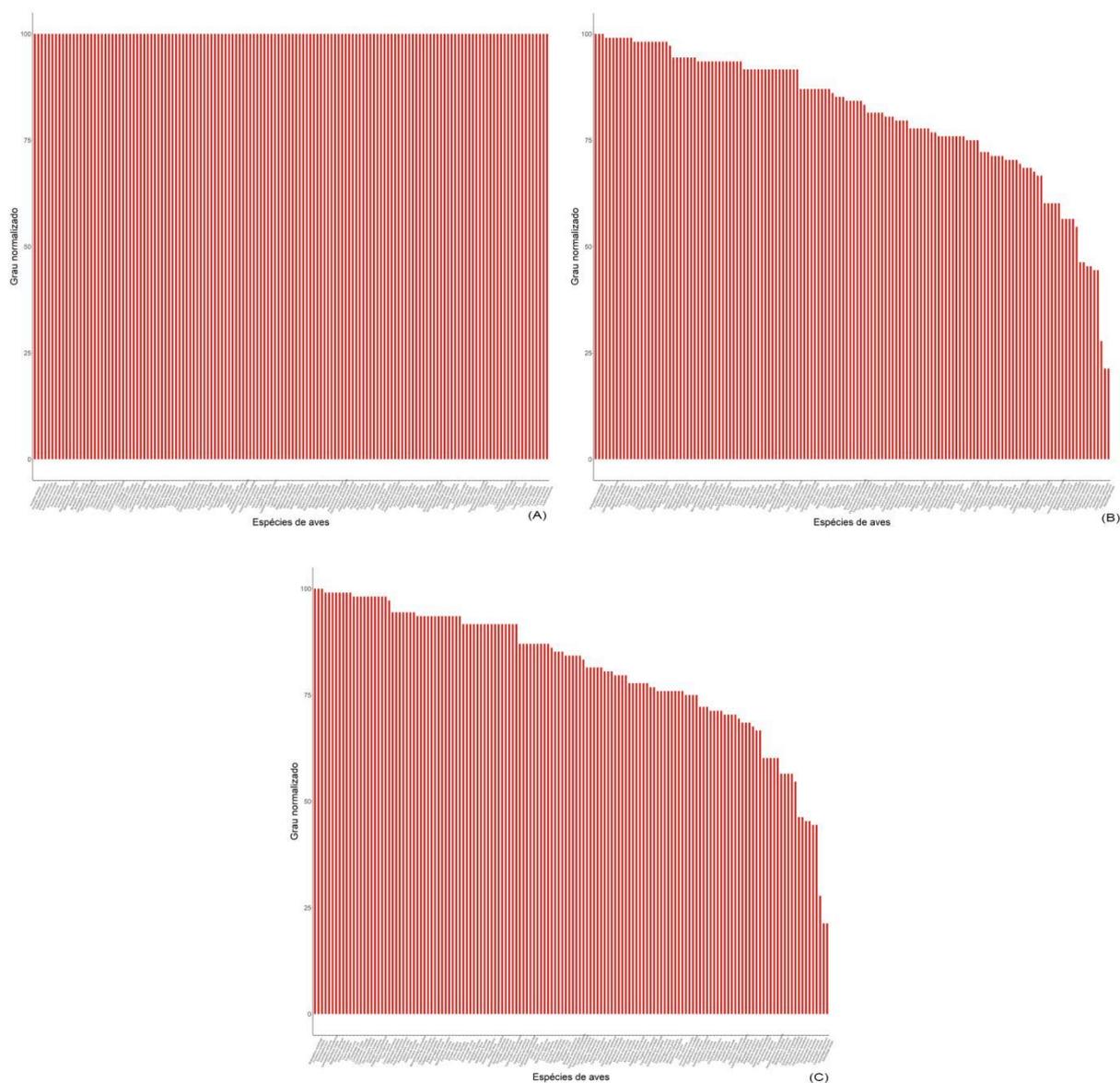


Figura 7 - Distribuição de grau normalizado das espécies de aves frugívoras. No eixo Y os valores de grau normalizado das espécies são apresentados na escala de 0 a 100 pré definidas no item 4.4. (A) Distribuição do grau normalizado das aves nas redes 1 e 2 do cenário 1, (B) Distribuição do grau normalizado das aves nas redes 3 e 4 do cenário 2, (C) Distribuição do grau normalizado das aves nas redes 5 e 6 do cenário 3.

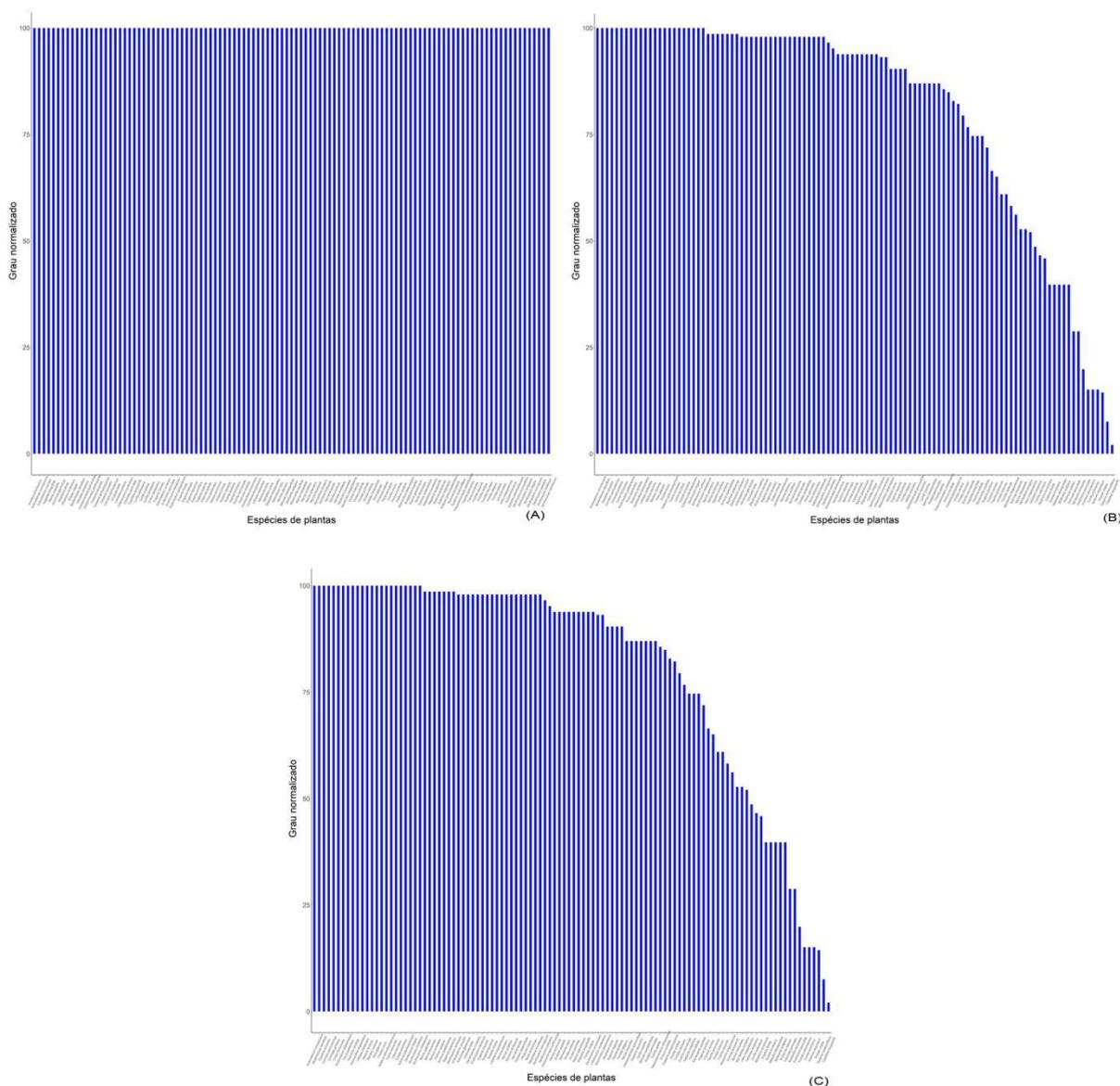


Figura 8 - Distribuição de grau normalizado das espécies de plantas ornitocóricas. No eixo Y os valores de grau normalizado das espécies são apresentados dentro da escala de 0 a 100 pré definidas no item 4.4. (A) Distribuição do grau normalizado das plantas nas redes 1 e 2 do cenário 1, (B) Distribuição do grau normalizado das plantas nas redes 3 e 4 do cenário 2, (C) Distribuição do grau normalizado das plantas nas redes 5 e 6 do cenário 3.

5.3 FORÇA DE INTERAÇÃO

O resultado da força de interação para cada espécie de ave e planta das redes hipotéticas podem ser observados nas figuras 9 e 10. O grau de frugivoria provoca mudanças significativas nos valores da força da interação (FI) apenas para as aves, pois os efeitos na matriz interação estão diretamente ligados aos seus valores e, por

isso, representei cenários de FI que envolvem consumos de frutos apenas para as aves (Figuras [9b](#), [9d](#) e [9f](#)).

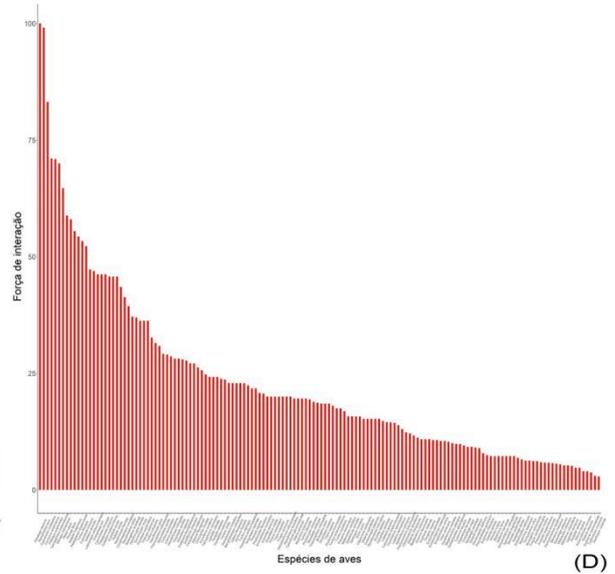
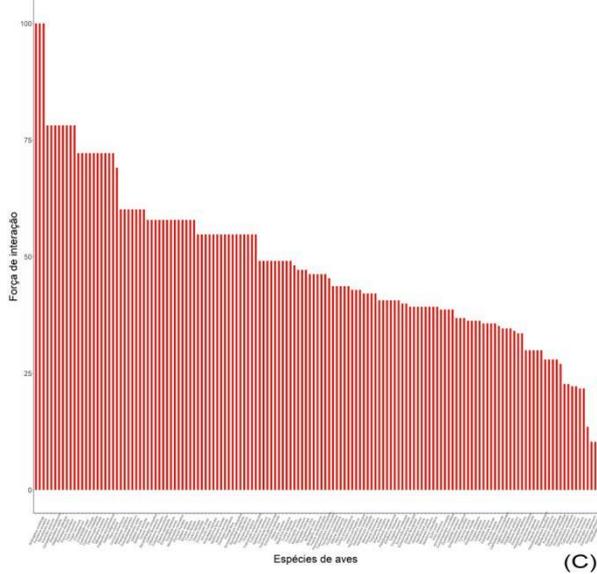
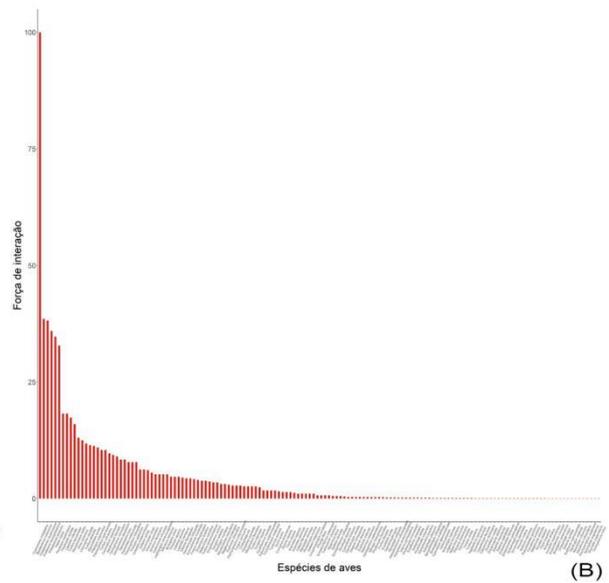
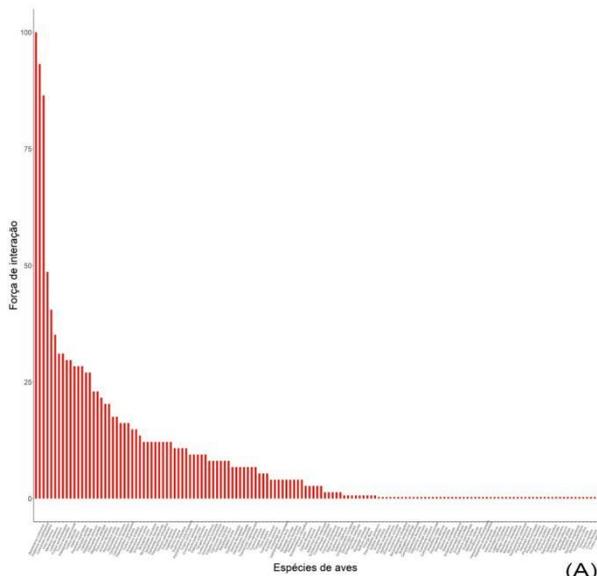
Na rede do cenário 1 (Figuras [9a](#) e [10a](#)) as 3 espécies de aves e plantas com maiores valores de FI são, em ordem decrescente, *Basileuterus culicivorus* (FI = 100), *Psittacara leucophthalmus* (FI = 93,2) e *Cyanocorax cristatellus* (FI = 86,4) e *Casearia sylvestris* (FI = 100), *Eugenia florida* (FI = 53,5) e *Croton floribundus* (FI = 47,1). A rede do cenário 1 que inclui o grau de frugivoria das aves (GF) (Figura [9b](#)) apresentou mudança no ranqueamento de espécies de aves quando comparada com a rede do cenário 1. As espécies com maiores valores de FI em ordem decrescente são *Cyanocorax cristatellus* (FI = 100), *Basileuterus culicivorus* (FI = 38,5) e *Patagioenas cayennensis* (FI = 38,2).

De forma geral, as redes hipotéticas do cenário 2 (Figuras [9c](#) e [9d](#) e [10b](#)) apresentaram altos valores de FI quando comparadas às outras redes (Figura 9 e 10). O total de espécies de aves e plantas com valores máximos de força de interação (FI = 100) na rede do cenário 2 (Figuras [9c](#) e [10b](#)) são, respectivamente, 3 (*Ramphastos toco*, *Buteogallus urubitinga* e *Pyroderus scutatus*) e 23 (destaque para a mais abundante *Casearia sylvestris*). A rede do cenário 2 que inclui o grau de frugivoria (GF) (Figura [9d](#)) apresentou mudança no ranqueamento de espécies quando comparada com a rede do cenário 2. Nela, as espécies com maiores valores de FI em ordem decrescente são *Penelope obscura* (FI = 100), *Ramphastos toco* (FI = 99,1) e *Cyanocorax cristatellus* (FI = 83,2).

Na rede do cenário 3 (Figura [9e](#) e [10c](#)) as 3 espécies de aves e plantas com maiores valores de FI são, em ordem decrescente, *Psittacara leucophthalmus* (FI = 100), *Cyanocorax cristatellus* (FI = 92,7) e *Basileuterus culicivorus* (FI = 43,9) e *Casearia sylvestris* (FI = 100), *Croton floribundus* (FI = 100) e *Guazuma ulmifolia* (FI = 100). A rede do cenário 3 que inclui o grau de frugivoria (GF) (Figura [9f](#)) apresentou mudança no ranqueamento de espécies quando comparada com a rede do cenário 3. Nela, as espécies com maiores valores de FI em ordem decrescente são *Cyanocorax cristatellus* (FI = 100), *Psittacara leucophthalmus* (FI = 35,9) e *Habia rubica* (FI = 24,4).

Para cada matriz de interação criada é possível observar a frequência de força de interação das espécies nas redes hipotéticas (Figuras 11 e 12). Nas redes do cenário 1 (C1 e C1 grau de frugivoria) as espécies de aves e plantas apresentaram, de modo geral, baixos valores de FI (Figuras 11a, 11b, 12a). Nas redes do cenário 2

(Figuras 11c e 12b), as espécies de aves e plantas apresentaram respectivamente, valores intermediários e altos de FI. Nas redes do cenário 2 grau de frugivoria (Figura 11d), as espécies de aves e plantas apresentaram, de modo geral, baixos e altos valores de FI. Nas redes do cenário 3 (C3 e C3 grau de frugivoria) as espécies de aves e plantas apresentaram, de modo geral, baixos valores de FI (Figuras 11e, 11f e 12c).



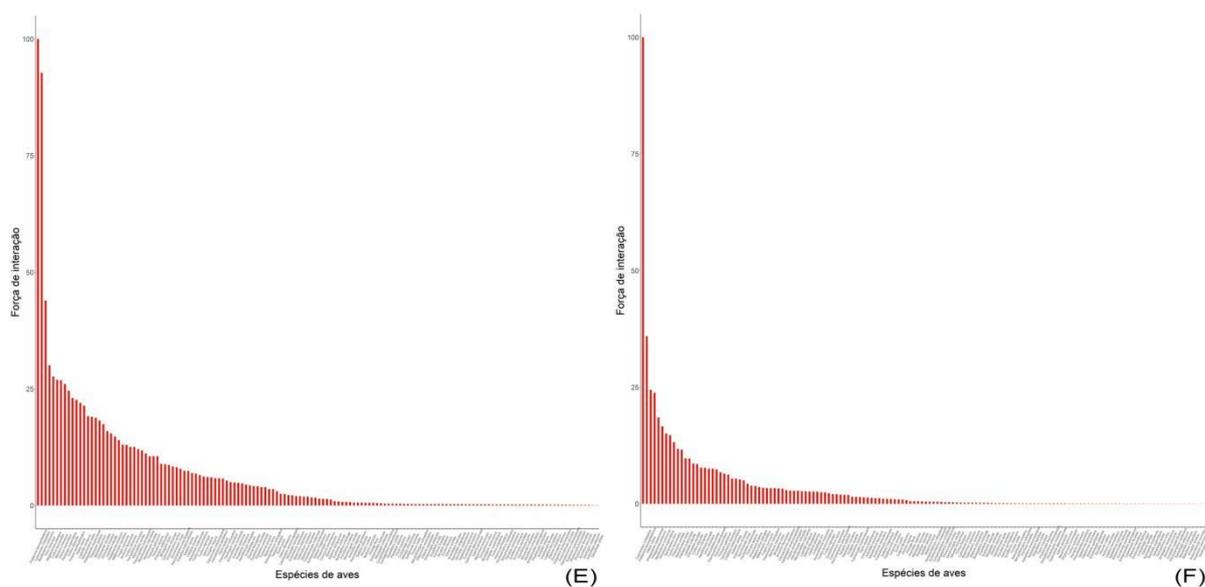


Figura 9 - Distribuição de força de interação das espécies de aves frugívoras. No eixo Y os valores de força de interação das espécies são apresentados dentro da escala de 0 a 100 pré definidas no item 4.4. (A) Distribuição da força de interação das aves na rede 1 do cenário 1, (B) Distribuição da força de interação das aves na rede 2 do cenário 1, (C) Distribuição da força de interação das aves na rede 3 do cenário 2. (D) Distribuição da força de interação das aves na rede 4 do cenário 2. (E) Distribuição da força de interação das aves na rede 5 do cenário 3. (F) Distribuição da força de interação das aves na rede 6 do cenário 3.

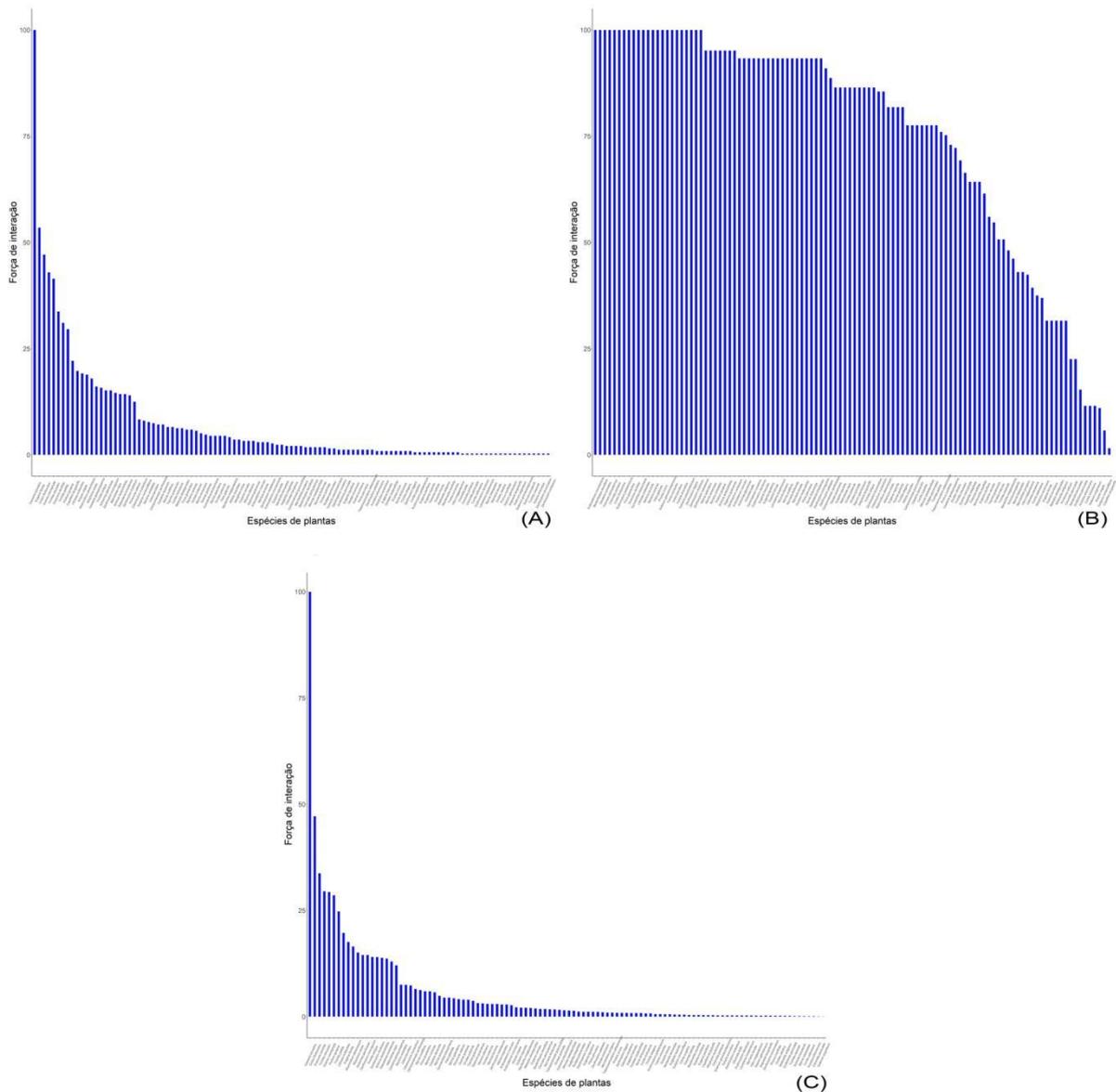


Figura 10 - Distribuição de força de interação das espécies de plantas ornitocóricas. No eixo Y os valores de força de interação das espécies são apresentados dentro da escala de 0 a 100 pré definidas no item 4.4. (A) Distribuição da força de interação das plantas nas redes 1 e 2 do cenário 1, (B) Distribuição da força de interação das plantas nas redes 3 e 4 do cenário 2, (C) Distribuição da força de interação das plantas nas redes 5 e 6 do cenário 3.

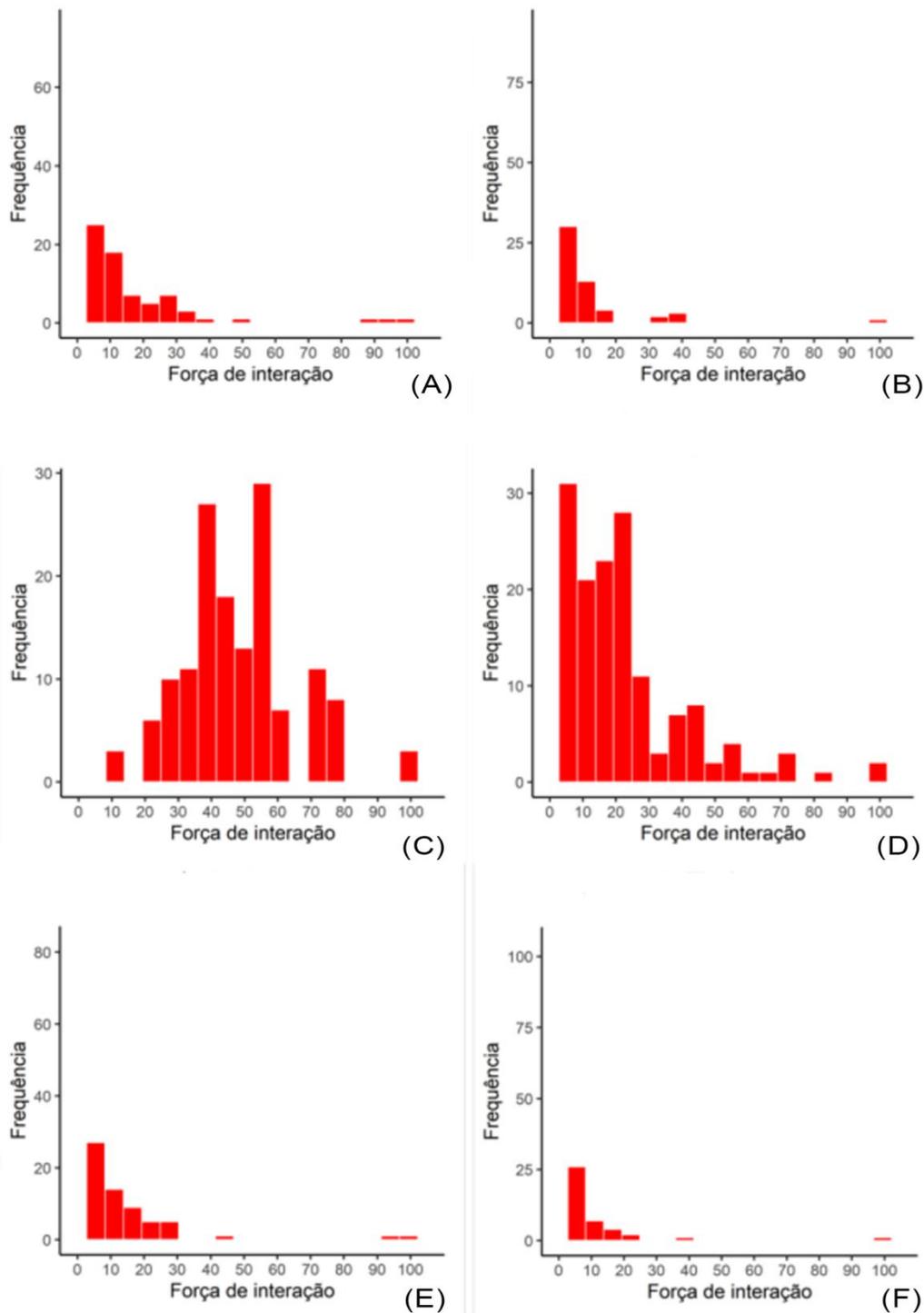


Figura 11 - Distribuição de frequências de força de interação das aves nas redes simuladas segundo os vários cenários considerados.(A) Distribuição de frequência da força de interação das aves na rede 1 do cenário 1, (B) Distribuição de frequência da força de interação das aves na rede 2 do cenário 1, (C) Distribuição de frequência da força de interação das aves na rede 3 do cenário 2. (D) Distribuição de frequência da força de interação das aves na rede 4 do cenário 2. (E) Distribuição de frequência da força de interação das aves na rede 5 do cenário 3. (F) Distribuição de frequência da força de interação das aves na rede 6 do cenário 3.

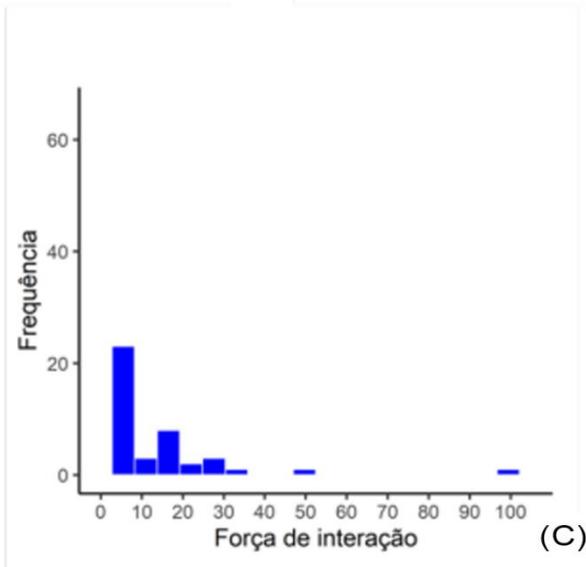
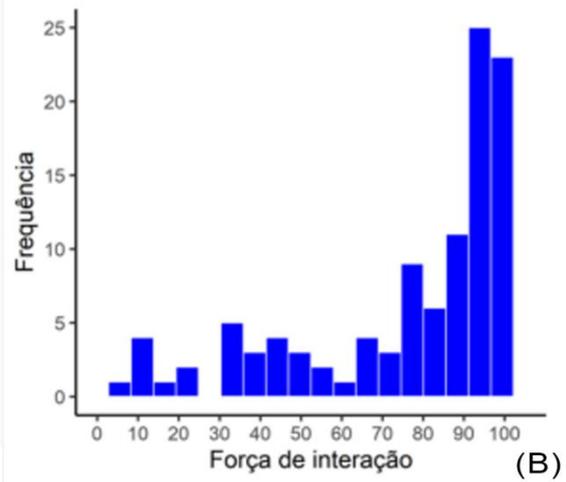
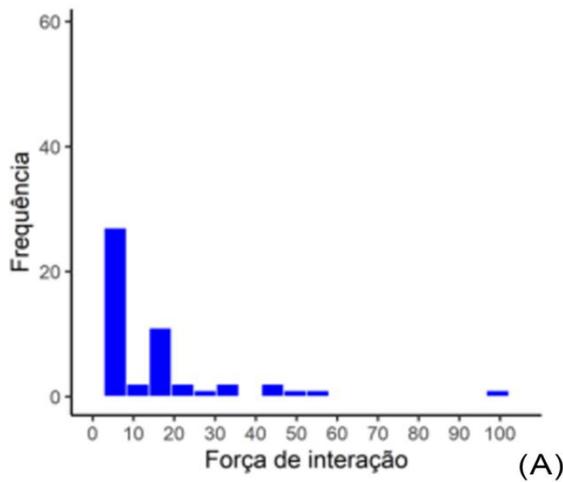


Figura 12 - Distribuição de frequências de força de interação das aves nas redes simuladas segundo os vários cenários considerados. (A) Distribuição de frequência da força de interação das plantas nas redes 1 e 2 do cenário 1, (B) Distribuição de frequência da força de interação das plantas nas redes 3 e 4 do cenário 2, (C) Distribuição de frequência da força de interação das plantas nas redes 5 e 6 do cenário 3.

6 DISCUSSÃO

As condições envolvendo características morfológicas e abundância de espécies foram criadas selecionando alguns fatores importantes que influenciam na eficiência do processo de dispersão de sementes (número de visitas, qualidade do tratamento dado a semente e grau de frugivoria dos dispersores) (Francisco e Galetti, 2001). O grau de frugivoria das aves e abundância de aves e plantas foram respectivamente relacionadas ao número de visitas realizadas e recebidas, pois a variação na frequência de visitação pode estar diretamente relacionada à abundância e dieta das espécies que interagem, ou seja, as espécies mais abundantes e mais frugívoras apresentam maior frequência de visitação (Francisco e Galetti 2001). As características morfológicas de largura de bico e diâmetro de semente foram relacionadas ao tratamento dado às sementes pelas aves, pois espécies que engolem sementes inteiras são frequentemente dispersoras de sementes mais eficientes que aves que não conseguem engolir sementes inteiras (Bezzon. 2019). Sabendo disso, as redes geradas a partir dos cenários hipotéticos (ver seção 4.3) podem ser comparadas com redes de trabalhos empíricos que usem a mesma abordagem de parâmetros de estrutura de redes ecológicas e com estudos de frugivoria e dispersão de sementes realizados dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí.

Assim como em Vázquez et al. (2012), o padrão de distribuição de força de interação (FI) das redes dos cenários criados possibilitou a identificação de possíveis espécies-chaves dentro das redes simuladas. As redes 1, 2, 5 e 6 (Tabela 1) apresentaram poucas interações fortes e muitas interações fracas para ambos os grupos (Figura 11a, 11b, 11e, 11f) (Figura 12a, 12c). Esse resultado está em concordância com o padrão observado em trabalhos empíricos de teias alimentares (Scherer et al. 2007; Wootton & Emmerson, 2005), enquanto as redes 3 e 4 do cenário 2 apresentaram para as aves, respectivamente, poucas interações fracas e fortes e muitas interações intermediárias (Figura 11c) e poucas interações intermediárias e fortes e muitas interações fracas (Figura 11d) e, para as plantas, muitas interações fortes e poucas interações fracas e intermediárias (Figura 12b). As fortes interações para as plantas nas redes 3 e 4 podem ser explicadas pelo tamanho da semente das espécies. A maioria das espécies de plantas aqui listadas produzem sementes pequenas em relação a largura de bico da assembléia de

frugívoros, favorecendo o forrageio das espécies consumidoras (Bezzon 2019). Esse resultado está positivamente relacionado à eficiência de dispersão de sementes, pois a qualidade de tratamento dado ao fruto é mais eficiente do que em comunidades de plantas com frutos grandes, que precisam de frugívoros de grande porte para dispersar suas sementes (Jordano et al. 2006).

O resultado nos permitiu identificar espécies de aves que se enquadram no sistema de dispersão generalista, ou seja, aquelas que se alimentam de frutos de varias espécies e complementam sua dieta com alimentos de origem animal (Scherer et al. 2007) ou, no sistema de dispersão especialista, em que as espécies têm alto grau de especialização à frugivoria (Silva, 2012). As espécies de aves e plantas que interagem fortemente em todas as redes ecológicas criadas são respectivamente *Cyanocorax cristatellus* e *Casearia sylvestris*, que em todas as simulações aparecem sempre com valores altos de força de interação. É possível afirmar que *Cyanocorax cristatellus* e *Casearia sylvestris* são consideradas espécies-chaves nas redes simuladas. Além disso, *Cyanocorax cristatellus* pode ser classificada como potencial dispersor de sementes na região, pois consegue engolir sementes de uma variedade de espécies de plantas, foi registrada com frequência na área de estudo e quase metade da sua dieta alimentar é composta de frutos (Wilman et al. 2014). Podemos inferir também que a planta *Casearia sylvestris* é uma espécie-chave. Não só o projeto Newfor, mas outros estudos registraram grande abundância desta espécie na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí (ver Siqueira et al. 2021; Athiê & Dias, 2011; Cavallari, 2008; Carvalho 2007). *Casearia sylvestris* tem sido listada como uma das espécies arbóreas prioritárias para conservação por ser uma planta com alta capacidade adaptativa, que ocorre em todo território brasileiro em diferentes formações florestais (Siqueira et al. 2021).

7 CONCLUSÃO

Aqui analisamos estruturas de redes hipotéticas em escala regional e com muitos pares de espécies interagindo ($n > 12.000$ pares de espécies interagindo) e pode servir como material auxiliar em estudos de efeitos de cascata trófica em florestas tropicais, pois a maior parte desses estudos ainda são pouco compreendidos e foram realizados em pequenas escalas sendo a maioria deles realizados em ilhas artificiais (Galetti, 2015).

Mesmo que as interações das redes do estudo sejam hipotéticas, os dados compilados de grau de frugivoria, características morfológicas e abundância são advindos de pesquisas empíricas e por isso têm o potencial para identificar espécies prioritárias a fim de guiar estudos de coleta de campo, considerando os recursos financeiros limitados fornecidos para desenvolvimento de trabalhos científicos no Brasil (Jatobá et al. 2009) e auxiliar pesquisas que busquem examinar estruturas de teias tróficas, identificar padrões de interações mutualísticas e mensurar os efeitos dessas interações planta-ave ao nível de espécie e comunidade.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Danilo Sette de. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. Editus, 2016.
- AMATUZZI, Maria Clara Oleski. **Redes de interação entre plantas e frugívoros na mata atlântica: estrutura e fragilidade a extinções**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual De Campinas, São Paulo, Brasil, 2009.
- ATHIÊ, Samira; DIAS, Manoel Martins. Frugivoria e dispersão de sementes por aves em *Casearia sylvestris* Sw.(Salicaceae) na região centro-leste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 13, n. 1, 2, 3, 2011.
- BASCOMPTE, Jordi; JORDANO, Pedro. Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 38, p. 567-593, 2007.
- BASCOMPTE, Jordi et al. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. **Science**, v. 312, n. 5772, p. 431-433, 2006.
- BELLAY, Sybelle. **Estrutura e robustez de redes de interação parasito-hospedeiro peixe**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais. 2013.
- BEZZON, Camila de Paula e Silva. **Influência da largura e massa corporal sobre o forrageamento de aves frugívoras no Cerrado sensu lato**. 2018. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.
- CARVALHO, Paulo E. Ramalho. Cafezeiro-do-Mato-Casearia Sylvestris. **Embrapa Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.
- CAVALLARI, Marcelo Mattos. **Variabilidade genética e química entre e dentro de populações de Casearia sylvestris Sw.(Salicaceae) no Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado. UNESP, Botucatu, 2008.
- CORTÊS, Marina Corrêa. **Variação espacial nas interações entre o palmito Euterpe edulis e as aves frugívoras: implicações para a dispersão de sementes**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro - sp, 2006.
- DIAS, Jandeson Brasil; HUSZAR, Vera LM. O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 4, p. 799-834, 2011.
- DORMANN, Carsten F. et al. Introducing the bipartite package: analysing ecological networks. **interaction**, v. 1, n. 0.2413793, 2008.

eBird: An online database of bird distribution and abundance [web application]. eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. Available: <http://www.ebird.org>. (Accessed: Date [February 2, 2020])

ETCHEBEHERE, Mario Lincoln De Carlos et al. Análise fluviomorfométrica do Rio Corumbataí (SP)–implicações morfotectônicas vinculadas à migração de nickpoint. **Revista Geociências-UNG-Ser**, v. 10, n. 1, p. 74-94, 2012.

FAUSTINO, Tatiana Cirqueira; MACHADO, Caio Graco. Frugivoria por aves em uma área de campo rupestre na Chapada Diamantina, BA. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 14, n. 2, p. 137-143, 2006.

FRANCISCO, Mercival Roberto; GALETTI, Mauro. Frugivoria e dispersão de sementes de *Rapanea lancifolia* (Myrsinaceae) por aves numa área de cerrado do Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Ararajuba**, v. 9, n. 1, p. 13-19, 2001.

GALETTI, Mauro. **Porque as Florestas Precisam de Animais?** Consequências ecológicas e evolutivas da defaunação na Mata Atlântica. 2015.

GALETTI, Mauro et al. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. **Science**, v. 340, n. 6136, p. 1086-1090, 2013.

GONZÁLEZ, Ana M. Martín et al. Centrality measures and the importance of generalist species in pollination networks. **Ecological complexity**, v. 7, n. 1, p. 36-43, 2010.

JATOBÁ, Sérgio U. Silva et al. Ecologismo, ambientalismo e ecologia política: diferentes visões da sustentabilidade e do território. **Sociedade e estado**, v. 24, p. 47-87, 2009.

JORDANO, Pedro et al. **Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação**. 2006.

JORDANO, Pedro. **Redes de amostragem de interações ecológicas**. Ecologia funcional, v. 30, n. 12, p. 1883-1893, 2016.

JORDANO, Pedro. Spatial and temporal variation in the avian-frugivore assemblage of *Prunus mahaleb*: patterns and consequences. **Oikos**, p. 479-491, 1994.

KATTGE, Jens et al. TRY—a global database of plant traits. **Global change biology**, v. 17, n. 9, p. 2905-2935, 2011.

LEAL, Inara R. et al. Interações planta-animal na Caatinga: visão geral e perspectivas futuras. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 35-40, 2018.

LEWINSOHN, Thomas M. et al. Matrizes, redes e ordenações: a detecção de estrutura em comunidades interativas. **Oecologia brasiliensis**, v. 10, n. 1, p. 6, 2006.

LONGON, Luana. **Potenciais aves dispersoras de sementes das espécies vegetais zoocóricas da Mata da Bica**, Botucatu-SP. 2010.

MAUÉS, Marcia M. et al. A castanheira-do-brasil: avanços no conhecimento das práticas amigáveis à polinização. **Embrapa Amazônia Oriental-Livro científico (ALICE)**, 2015.

PENTEADO, Marli. **Distribuição e abundância de aves em relação ao uso da terra na bacia do rio Passa-Cinco**, Estado de São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2006.

PERES, Marcelo Kuhlmann. **Estratégias de dispersão de sementes no bioma cerrado: considerações ecológicas e filogenéticas**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, 2016.

PIRES, Mathias M.; GUIMARAES JR, Paulo R. Interaction intimacy organizes networks of antagonistic interactions in different ways. **Journal of The Royal Society Interface**, v. 10, n. 78, p. 20120649, 2013.

PIZO, Marco Aurélio; GALETTI, Mauro. **Métodos e perspectivas do estudo da frugivoria e dispersão de sementes por aves**. *Ornitologia e conservação: Ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento*, p. 493-504, 2010.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, Milton Cezar et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RODRIGUES, Rodolpho Credo et al. ATLANTIC BIRD TRAITS: a data set of bird morphological traits from the Atlantic forests of South America. **Ecology**, v. 100, n. 6, p. e02647, 2019.

SCHERER, Adriano et al. Padrões de interações mutualísticas entre espécies arbóreas e aves frugívoras em uma comunidade de Restinga no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 203-212, 2007.

SILVA, Bruna Gonçalves da. **Comunidades de aves frugívoras e nectarívoras e disponibilidade de recursos em dois estádios sucessionais de regeneração de Mata Atlântica**. 2012.

SILVA, PA da. Predação de sementes por periquitos *Brotogeris chiriri* (Psittacidae) em *Chorisia speciosa* (Bombacaceae). **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, n. 1, p. 127-129, 2007.

SIQUEIRA, Marcos Vinicius Bohrer Monteiro et al. Genetic diversity of reintroduced tree populations of *Casearia sylvestris* in Atlantic forest restoration sites. **Forest Ecology and Management**, v. 502, p. 119703, 2021.

SIQUEIRA, Robéria de Medeiros Bonfim; HENRY-SILVA, Gustavo Gonzaga. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas

fluviais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, v. 39, n. 2, p. 1-15, 2011.

TELLA, José Luis et al. **Parrots as overlooked seed dispersers**. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13: 338-339. 2015.

VALENTE, Roberta de Oliveira Avena; VETTORAZZI, Carlos Alberto. Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP Landscape structure analysis of the Corumbataí River Basin, SP. **Análise**, n. 62, p. 114-129, 2002.

VÁZQUEZ, Diego P. et al. The strength of plant–pollinator interactions. **Ecology**, v. 93, n. 4, p. 719-725, 2012.

VOGEL, Huiquer Francisco. **Influência de diferentes métodos de restauração ecológica sobre a assembleia de aves em agroecossistema subtropical no Brasil**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, 2014.

VOSGUERITCHIAN, Simone Bazarian. **Redes de interação plantas-visitantes florais e a restauração de processos ecológicos em florestas tropicais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.

WILMAN, Hamish et al. EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals: Ecological Archives E095-178. **Ecology**, v. 95, n. 7, p. 2027-2027, 2014.

WOOTTON, J. Timothy; EMMERSON, Mark. Measurement of interaction strength in nature. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 36, p. 419-444, 2005.