

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

**DISSERTAÇÃO**

**ESPINHOS E FERRÕES: A COMUNIDADE DE HIMENÓPTEROS VISITANTES  
FLORAIS DO JARDIM BOTÂNICO DA UFRRJ E OS FATORES QUE AFETAM A  
VISITAÇÃO DE FLORES**

**Mariana Romanini Menezes**

**2022**





**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

**ESPINHOS E FERRÕES: A COMUNIDADE DE HIMENÓPTEROS VISITANTES  
FLORAIS DO JARDIM BOTÂNICO DA UFRRJ E OS FATORES QUE AFETAM A  
VISITAÇÃO DE FLORES**

**MARIANA ROMANINI MENEZES**

**Sob a Orientação do Professor**

**Jarbas Marçal de Queiroz**

**Dissertação submetida como requisito  
parcial para obtenção do grau de Mestre  
em Ciências, no Curso de Pós-Graduação  
em Biologia Animal, Área de  
Concentração em Biodiversidade.**

**Seropédica, RJ**

**Outubro de 2022**

## FICHA CATALOGRÁFICA

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

MM543e Menezes, Mariana Romanini, 1998-  
ESPINHOS E FERRÕES: A COMUNIDADE DE HIMENÓPTEROS  
VISITANTES FLORAIS DO JARDIM BOT NICO DA UFRRJ E OS  
FATORES QUE AFETAM A VISITAÇÃO DE FLORES / Mariana  
Romanini Menezes. - Rio de Janeiro, 2022.  
56 f.: il.

Orientador: Jarbas Marçal de Queiroz.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Biologia Animal,  
2022.

1. Ecologia de comunidades. 2. Biodiversidade. 3.  
Himenópteros visitantes florais. 4. Interação inseto  
planta. I. de Queiroz, Jarbas Marçal, 1968-, orient.  
II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pós  
Graduação em Biologia Animal III. Título.

**MARIANA ROMANINI MENEZES**

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre (a)** no Programa de Pós Graduação em Biologia Animal, Área de Concentração em Biodiversidade Animal

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 17/10/2022

Conforme deliberação número 001/2020 da PROPPG, de 30/06/2020, tendo em vista a implementação de trabalho remoto e durante a vigência do período de suspensão das atividades acadêmicas presenciais, em virtude das medidas adotadas para reduzir a propagação da pandemia de Covid-19, nas versões finais das teses e dissertações as assinaturas originais dos membros da banca examinadora poderão ser substituídas por documento(s) com assinaturas eletrônicas. Estas devem ser feitas na própria folha de assinaturas, através do SIPAC, ou do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) e neste caso a folha com a assinatura deve constar como anexo ao final da tese / dissertação.

JARBAS MARÇAL DE QUEIROZ (Orientador)

MARCELO DA COSTA SOUZA

TATIANA FABRICIO MARIA (UNIRIO)

*(Assinado digitalmente em 22/11/2022 16:38 )*

JARBAS MARÇAL DE QUEIROZ  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
PPGCAF (12.28.01.00.00.00.27)  
Matrícula: 1356331

*(Assinado digitalmente em 23/11/2022 10:24 )*

MARCELO DA COSTA SOUZA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
JB (12.28.01.00.00.45)  
Matrícula: 1855169

*(Assinado digitalmente em 22/11/2022 16:47 )*

TATIANA FABRICIO MARIA  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: 085.366.927-90

Para verificar a autenticidade deste documento entre em

<https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **1188**, ano: **2022**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **22/11/2022** e o código de verificação: **6c38da452c**



Este trabalho é dedicado à minha família, que se aplicou à missão de me proteger, nutrir meu corpo e minha alma e moldar os meus valores e meu caráter. Sou quem eu sou, porque vocês me amaram.

“A humildade é o primeiro degrau para a sabedoria.” (São Tomás de Aquino)



## **AGRADECIMENTOS**

Eu agradeço aos meus pais, Nei Matos Menezes Filho e Érika Romanini Menezes, e ao meu irmão Renan Romanini Menezes, por todo suporte emocional, intelectual e financeiro durante o período do mestrado.

Agradeço aos meus amigos e parentes, que me deram apoio, conselhos e que torceram por mim nessa trajetória.

Agradeço à Biol. Raquel Cetto Sampaio pela revisão do trabalho, pelas sugestões, pelo companheirismo durante essa pós-graduação e, sobretudo, pela amizade.

Agradeço ao Dr. Wesley Dáttilo pelos conselhos e ensinamentos que permitiram o aperfeiçoamento deste manuscrito.

Agradeço ao Dr. Marcelo de Costa Souza pela ajuda com a identificação botânica.

Agradeço à equipe do Laboratório de Ecologia, Conservação e Mirmecologia, principalmente aos alunos de IC Adriano P. L. dos Santos e Mariane S. Moreira e aos Me. Ricardino da Conceição-Neto, Eder C. B. de França e Bianca F. S. Laviski, pela ajuda direta neste trabalho.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-BR; código de financiamento-001) pela bolsa de estudos.

Agradeço ao Dr. Jarbas M. de Queiroz pela orientação.

Agradeço também a todos que tornaram essa conquista profissional e acadêmica possível, os funcionários da UFRRJ, a coordenação e a secretaria do PPGBA, meus professores e meus colegas de curso.



## RESUMO

A ordem Hymenoptera inclui vários insetos que visitam flores (como, formigas, abelhas e vespas) e a coexistência de muitas espécies diferentes na mesma comunidade pode gerar competição interespecífica. Apesar de fazerem parte de uma mesma comunidade, são incomuns os trabalhos que avaliem a forma como estes grupos taxonômicos influenciam toda uma comunidade de himenópteros visitantes florais. Além disso, fatores abióticos também podem ter impacto nestas visitas florais, porque cada organismo responde de forma diferente às variações climáticas. O objetivo do presente estudo é avaliar os fatores abióticos, especificamente a umidade relativa e a temperatura do ar, que podem ter impacto no número e na frequência das interações entre himenópteros e flores e avaliar, por meio de redes de interação, a composição e organização de nichos de toda a comunidade de Hymenoptera florais no Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Durante um ano, foram coletadas amostras nesse jardim botânico, compartimentando temporalmente as coletas, de acordo com o período do dia (manhã ou tarde). Foi observada uma influência positiva da temperatura do ar no número de interações e visitas das formigas. Também é possível observar que a maioria destas redes de interação exibem um padrão aninhado e não-modular e um nível médio de especialização da rede. Além disso, as abelhas destacaram-se como as espécies com maior frequência de visitas e com o comportamento mais generalista. Este estudo demonstra como mudanças climáticas podem alterar a dinâmica de visitação na comunidade de himenópteros visitantes florais, corrobora com o conhecimento prévio estabelecido acerca de redes mutualísticas inseto-planta e reitera como um jardim botânico pode sustentar uma comunidade diversificada de himenópteros visitantes florais em um ambiente urbano e porque consiste numa ferramenta importante para a conservação da biodiversidade.

**Palavras-chave:** Redes de interação, abelha, formiga, vespa, temperatura.



## **ABSTRACT**

The Hymenoptera order includes several flower-visiting insects (e.g. ants, bees, and wasps) and the coexistence of many different species in the same community can generate interspecific competition. Notwithstanding shared communities, research which evaluates how these taxonomic groups influence a whole community of flower-visiting Hymenoptera is lacking. Moreover, abiotic factors can also impact these floral visits, because each organism responds differently to climatic variations. The goal of this study is to evaluate abiotic factors, specifically relative air humidity and air temperature, which may be able to impact the number and the frequency of interactions between hymenopterans and flowers and to assess the composition and niche organization, by making use of interaction networks, of the entire community of flower-visiting Hymenoptera at the botanical garden of the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. For the duration of a year, samples were made in that botanical garden, compartmentalizing the collections temporally in accordance with the time of the insects' shift (morning or afternoon). A positive influence of air temperature on the number of ant interactions and visits were observed. It is also possible to observe that most of these interaction networks exhibited a nested and non-modular pattern and an average level of network specialization. In addition, bees stood out as the species with the highest frequency of visits and with the most generalist behavior. This study shows how climate change can alter visitation dynamics in a community of floral visiting Hymenoptera, corroborates previously established knowledge about insect-plant mutualistic networks, and demonstrates how a botanical garden can sustain a diverse community of floral visiting Hymenoptera in an urban environment and why it consists in an important tool for biodiversity conservation.

**Key-words:** Interaction networks, bee, ant, wasp, temperature.



## **SUMÁRIO**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
<b>1.1 HIMENÓPTEROS VISITANTES FLORAIS</b>	<b>17</b>
<b>1.2 FATORES QUE INFLUENCIAM A VISITAÇÃO FLORAL</b>	<b>18</b>
<b>1.3 REDES DE INTERAÇÃO COMO FERRAMENTA</b>	<b>18</b>
<b>1.4 JARDINS BOTÂNICOS E CONSERVAÇÃO</b>	<b>20</b>
<b>1.5 OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>23</b>
<b>2.1 ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>23</b>
<b>2.2 AMOSTRAGEM</b>	<b>23</b>
<b>2.3 ANÁLISE DE DADOS</b>	<b>24</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>27</b>
<b>3.1 RESULTADOS</b>	<b>27</b>
<b>3.2 DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
<b>4 CONCLUSÃO</b>	<b>47</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>49</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 HIMENÓPTEROS VISITANTES FLORAIS

As abelhas, vespas e formigas são insetos que participam em várias interações ecológicas; entre elas, a visita floral (Torezan-Silingardi, 2012). A visita das flores pelos himenópteros pode resultar na polinização das plantas, embora outros fenômenos, tais como a pilhagem de néctar e a competição com verdadeiros polinizadores, possam também ser observados (Vizentin-Bugoni et al., 2018).

As abelhas são polinizadores chave, responsáveis pela polinização de várias espécies botânicas e a ausência ou declínio populacional destes animais são substancialmente arriscados para as culturas e a flora nativa, uma vez que muitas espécies dependem destes polinizadores para a reprodução sexual, o que pode levar as espécies vegetais à extinção e ao declínio da produção alimentar (De Marco JR. & Coelho, 2004; Klein et al., 2007). Além disso, as abelhas são estritamente ligadas às flores, visto que coevoluíram com muitas espécies de flores e são animais adaptados ao processo de polinização, tendo projeções corporais fundamentais para o transporte de pólen e sendo capazes de consumir todos os recursos florais produzidos por uma planta; abelhas estão intimamente ligadas à produção de frutos e à qualidade maior dos frutos produzidos (Delaplane & Mayer, 2000; Torezan-Silingardi, 2012; Gobatto et al., 2021).

Embora as abelhas sejam os himenópteros mais associados à polinização, existem muitas plantas polinizadas por vespas, mesmo que a interação de vespas com flores nem sempre resulte em polinização, porque certas vespas visitam as flores para predação de outros artrópodes, para pilhar néctar ou roubar o néctar recolhido por outros himenópteros ou porque são atraídas por hormônios liberadas pela planta (Torezan-Silingardi, 2012; Nagasaki, 2021).

A importância das formigas como polinizadores de plantas é ainda uma questão de debate: enquanto algumas espécies de formigas podem contribuir para o processo de polinização (González et al., 2013; Wang et al., 2015), outras espécies podem afastar potenciais polinizadores (Villamil et al., 2018; Nogueira et al., 2021). Sobre o que há de registro de polinização feita por formigas, o comum é que seja uma atividade realizada pelas espécies que não possuem glândula metapleurálica, visto que essa estrutura é capaz de produzir substâncias que danificam o pólen. Além disso, as plantas polinizadas costumam estar em um ambiente com pouca disponibilidade de polinizadores, serem mais próximas do solo e produzirem um volume de pólen menor (Hölldobler & Wilson, 1990; González et al., 2013; Wang et al., 2015; Del-Claro et al., 2019). Ainda as formigas que não polinizam, muitas são as formigas que contribuem para a sobrevivência das plantas, seja predando artrópodes herbívoros, seja afastando esses artrópodes (Hölldobler & Wilson, 1990).

## 1.2 FATORES QUE INFLUENCIAM A VISITAÇÃO FLORAL

Com relação à visitação floral, vários fatores podem ter impacto na quantidade destas interações e na sua frequência; alguns deles são abióticos, tais como a umidade relativa e temperatura do ar. Num estudo sobre uma comunidade de visitantes florais, Barbosa et al. (2016) observaram uma correlação negativa entre a umidade relativa do ar e as visitas de flores por Hymenoptera, que pode estar relacionada com o fato do néctar alterar a sua concentração e viscosidade de acordo com a umidade relativa do ar (Winkler et al., 2009). E a temperatura do ar pode modular o comportamento de forrageamento dos himenópteros, uma vez que o custo energético da forragem varia com as alterações da temperatura (Classen et al., 2015; Kovac et al., 2015). Em ambientes quentes, os himenópteros tendem a aumentar a sua atividade e, conseqüentemente, a sua visita floral, o que pode alterar as características das comunidades de insetos e plantas (por exemplo, especialização, diversidade, riqueza, disponibilidade de recursos) (Classen et al., 2015; Classen et al., 2020; Luna et al., 2021).

No entanto, como esta comunidade é constituída por organismos biologicamente e comportamentalmente diferentes, estes fatores podem afetar cada um destes grupos taxonômicos de forma diferente: espera-se que as formigas respondam melhor aos aumentos de temperatura, uma vez que são mais resistentes às altas temperaturas do que as abelhas e as vespas (Heinrich, 1993; Hölldobler & Wilson, 1990; Kovac et al., 2015). Portanto, avaliar como os fatores abióticos se relacionam com cada grupo taxonômico separadamente pode ser uma estratégia adequada para compreender como estes fatores influenciam as interações na comunidade de visitantes florais.

Além dos fatores abióticos, é importante destacar que, como esses animais não vivem em ambientes isolados, os fatores bióticos exercem sua influência no comportamento de forrageamento desses animais e na composição e estruturação da comunidade. Quando diferentes espécies de visitantes florais interagem com o mesmo grupo de plantas, esses animais podem ser funcionalmente redundantes e acabar por aumentar a competição interespecífica, o que reduziria a diversidade e a riqueza destes visitantes (Blüthgen & Klein, 2011). A coocorrência de muitas espécies na mesma comunidade pode ser facilitada pela especialização de alguns grupos ou pela diferenciação de nichos (Blüthgen & Klein, 2011; Watts et al., 2016). Um estudo da comunidade de visitantes florais permite identificar a existência de uma sobreposição de nicho, isso é, quando dois ou mais indivíduos interagem com o mesmo recurso, ao mesmo tempo; além de permitir também a identificação de especialização e diferenciação de nicho, seja pela exploração de recurso diverso ou pelo horário de forrageamento diferente.

## 1.3 REDES DE INTERAÇÃO COMO FERRAMENTA

Para ajudar a compreender como as comunidades se organizam e por quais organismos é composta, pode-se utilizar uma ferramenta que tem sido largamente utilizada para estudar as interações insetos-plantas: redes de interação (por exemplo, Dáttilo & Rico-Gray, 2018). Medidas de especialização ao nível da rede podem mostrar o grau de divisão de nicho entre as espécies de visitantes florais na comunidade estudada (Blüthgen et al., 2006). Além disso, algumas outras métricas da rede podem ajudar a compreender a organização da comunidade.

Para avaliar se um grupo de espécies seletivas interage com um conjunto de plantas visitadas por visitantes florais generalistas, pode-se calcular o aninhamento das redes nessa comunidade

(Fortuna et al., 2010; Dehling, 2018). E para avaliar a tendência de um subconjunto de espécies a relacionarem-se mais frequentemente entre si do que com outras espécies, constituindo módulos, pode-se calcular a modularidade das redes nessa comunidade (Fortuna et al., 2010; Dehling, 2018). Comunidades de visitantes florais são mais comumente associadas ao mutualismo do que a outras relações ecológicas, devido à polinização (Vizentin-Bugoni et al., 2018). O que geralmente acontece em redes mutualistas de insetos-plantas (por exemplo, visitantes de flores, visitantes de nectários extraflorais ou removedores de sementes) é que, devido ao comportamento desses insetos, elas apresentam baixa especialização, elevado aninhamento e nenhuma modularidade (Campos-Navarrete et al., 2013; Lange & Del-Claro, 2014; Anjos et al., 2018; Laviski et al., 2021). Vários fatores podem explicar o aninhamento e os padrões não modulares das redes comunitárias de insetos-plantas; alguns são abióticos (como, temperatura do ar, precipitação, pH do solo, elevação) e outros são bióticos (por exemplo, tamanho do visitante floral, comportamento animal, características de néctar) (Chamberlain et al. 2010; Rico-Gray et al., 2012; Lange et al., 2013; Dáttilo et al., 2013b; Dáttilo et al., 2014a; Santos et al., 2014; Giannini et al., 2015; Petanidou et al. 2017; Adedoja et al. 2018). Embora todas as redes de himenópteros sigam os pressupostos de redes mutualistas de insetos-planta, espera-se que os valores métricos sejam bastante diferentes para as redes com cada grupo de organismos, visto que são grupos taxonômicos diferentes (Campos-Navarrete et al., 2013).

As abelhas, por exemplo, são responsáveis pela polinização de muitas espécies botânicas e tendem a ser mais generalistas quando se trata de visita às flores (De Marco JR. & Coelho, 2004; Klein et al., 2007; Torezan-Silingardi, 2012). Assim, o esperado é que as redes de interação que apresentam abelhas sejam mais aninhadas, menos especializadas e não apresentem modularidade (Blüthgen et al., 2006; Fortuna et al., 2010; Dehling, 2018). As vespas e as formigas, no entanto, são visitantes menos frequentes e que são atraídas por um número menor de espécies de flores (Torezan-Silingardi, 2012). Logo, espera-se que redes de vespas e formigas visitantes florais possuam um valor maior de especialização, um valor baixo de aninhamento e, apesar de não ser comum encontrar modularidade nessas redes, essa possibilidade é maior do que se comparada com redes de abelhas, por conta do comportamento desses animais (Brodmann et al., 2008; Rico-Gray & Oliveira, 2007; Mello et al., 2011; Dáttilo et al., 2014a; Brock et al., 2021; Lavisky et al., 2021).

Embora a especialização indique uma divisão de nicho numa comunidade, a identificação das suas espécies generalistas é de grande importância, porque são cruciais para a estabilidade e para o funcionamento da organização comunitária, principalmente porque as espécies centrais interagem com quase todas as espécies da comunidade (Bascompte et al. 2003, Guimarães et al. 2006; Dáttilo et al., 2013a). É possível avaliar as espécies mais generalistas de uma comunidade com base na análise das espécies centrais da rede (Dáttilo et al., 2013a). Como foi dito anteriormente, as abelhas apresentam geralmente um comportamento generalista, visto que são as espécies com maior frequência de interações nas redes de himenópteros visitantes florais (Campos-Navarrete et al., 2013).

Outro fator para avaliar semelhanças ou diferenças entre nichos é o tempo: observar a composição e as atividades das espécies durante um dia, durante um ano ou mesmo durante décadas permite-nos comparar as espécies que interagem durante cada intervalo e calcular a sobreposição destes nichos temporais (Díaz-Castelazo et al., 2013; Dáttilo et al., 2014a). Numa escala ainda menor, podemos avaliar como o nicho temporal se divide ao longo do dia. Algumas abelhas apresentam um comportamento de pico de visita de flores em horários diferentes (Tschoeke et al., 2015) e as espécies de formigas também podem ter picos de atividade diferentes num período de 24 horas (Fellers, 1989), bem como as espécies de vespas (Brito et al., 2020). Contudo, não há

estudos que considerem a sobreposição de nichos temporais durante o dia para uma comunidade de visitantes florais com mais de um grupo de himenópteros.

#### **1.4 JARDINS BOTÂNICOS E CONSERVAÇÃO**

O ambiente no qual as interações ocorrem também é digno de destaque. A perda de habitat pode causar uma redução na riqueza e abundância de espécies numa comunidade de visitantes florais, o que pode comprometer a biodiversidade e a riqueza funcional dessa comunidade (Spiesman & Inouye, 2013). O desmatamento e a intensa urbanização, criou uma proporção crescente de habitats abertos e gerou perda de habitats naturais, principalmente na Mata Atlântica (Hirota, 2003). Neste contexto, os jardins botânicos como parques urbanos são instrumentos-chave para preservar a biodiversidade nas cidades e manter a comunidade anteriormente estabelecida nessa área (Maruyama et al., 2019; Marín et al., 2020) e podem servir de ambiente para o desenvolvimento da investigação científica (Chen & Sun, 2018). Os jardins botânicos são importantes coleções botânicas vivas, que contam com uma enorme diversidade de plantas, nativas e exóticas, em ambientes urbanos (Hall et al., 2017; Maruyama et al., 2019; Marín et al., 2020).

Uma característica comum em áreas urbanas é a existência de fragmentos florestais em meio às construções citadinas (Hirota, 2003), a partir desse cenário é frequente que parques urbanos, principalmente jardins botânicos, funcionem como corredores ecológicos e desempenhem um papel fundamental na manutenção de comunidades de visitantes florais e polinizadores, uma vez que essas áreas possuem uma variedade de flores e cobertura vegetal grande, quando comparadas a outras regiões das cidades e fazem a ligação de fragmentos florestais anteriormente isolados (Hall et al., 2017; Gobatto et al., 2021). Sendo assim, estudos que demonstrem a necessidade e a importância de parques urbanos planejados, com arborização e diversidade de plantas, visando a conservação de fauna e flora e a criação de corredores ecológicos no meio urbano, são de extrema importância para a melhora da qualidade de vida humana e para a preservação de espécies.

#### **1.5 OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho é levantar e avaliar características da comunidade de himenópteros visitantes florais do jardim botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Para isso, foram recolhidas amostras dos visitantes florais do jardim botânico durante um ano e avaliamos: I. Os fatores que influenciam a visita floral de cada grupo, e II. Os padrões das redes de interações obtidas a partir da comunidade.

Sobre a influência dos fatores abióticos no forrageamento e como estes fatores afetam o número e a frequência das visitas florais, a hipótese do presente trabalho é de que a umidade relativa teria um impacto negativo no número e frequência das visitas florais de todos os grupos taxonômicos e que a temperatura do ar afetaria positivamente as mesmas interações.

Apesar dos himenópteros serem organismos de uma mesma comunidade, falta uma investigação que avalie como estes grupos taxonômicos influenciam na composição e na organização de toda uma comunidade de Hymenoptera que visita flores. Com relação à organização e à composição desta comunidade de visitantes florais, foi formulada também a hipótese de que as

redes de interação terão padrões semelhantes aos de outras redes mutualistas de insetos-plantas: serão aninhadas, não modulares e terão uma baixa especialização. Além disso, presume-se que a maior parte das espécies centrais da rede serão de abelhas. Espera-se também que as comunidades sejam diferentes de acordo com o nicho temporal diário: de manhã, com uma maior frequência de abelhas em interações, supõe-se que as redes sejam mais aninhadas, menos especializadas e não modulares; à tarde, com uma maior frequência de formigas, é esperado que as redes sejam menos aninhadas, mais especializadas e não modulares.



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido no Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (22°45'56"S; 43°41'33"W), uma área de 16,5 hectares, localizada em Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. O local está localizado numa região degradada da Mata Atlântica, onde foram plantadas algumas espécies botânicas, nativas e exóticas, com o objetivo de criar uma coleção botânica viva. A área conta com um lago, um pequeno fragmento de floresta secundária e uma área separada para culturas (Figura 1) (Cysneiros et al., 2011). A cidade de Seropédica situa-se a 26 metros acima do nível do mar, tem uma precipitação anual de 1294 mm e temperatura média anual de 23.9°C (Oliveira Jr. et al., 2014). Segundo Köppen (1948), o clima da região é classificado como "Aw": tropical, com invernos mais secos e verões chuvosos. A coleção local do jardim inclui 125 espécies dicotiledôneas, das quais 94 são nativas (Cysneiros et al., 2011).



Figura 1. Imagem de satélite do Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizado no município de Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. Imagem retirada do Google Earth.

### 2.2 AMOSTRAGEM

As amostragens de himenópteros visitantes florais foram realizadas no período de dezembro de 2018 a dezembro de 2019, duas vezes por mês, quando as condições meteorológicas eram favoráveis, já que o tempo chuvoso prejudica a coleta dos organismos estudados. As amostragens foram feitas em dois períodos do dia: das 8:30h às 11:00h e das 13:30h às 15:00h, de acordo com o

método estabelecido por Sakagami et al. (1967), com coleta ativa dos animais observados. Estes horários foram escolhidos porque os organismos estudados apresentam maior atividade (Silveira et al., 2002; Barbosa et al., 2016).

Foi realizado um levantamento de 69 espécies de plantas dentro do Jardim Botânico. No dia anterior à amostragem, estas plantas foram visitadas e as plantas com floração foram selecionadas para realizar a amostragem no dia seguinte, independentemente da fase de floração delas. Depois, as amostras de himenópteros visitantes florais foram recolhidas, das plantas previamente observadas, com uma rede entomológica, uma pinça e um pincel. Cada planta foi amostrada durante dez minutos. No caso da amostragem de formigas, um animal que recruta para dominar recursos (Hölldobler & Wilson, 1990), apenas um espécime foi coletado por planta. No início de cada período de amostragem, a temperatura do ar e a umidade relativa do ar foram aferidas com um higrômetro digital portátil, THAR-300 - Instrutherm. Os insetos coletados foram encaminhados para o laboratório, onde foram realizadas a montagem deles e, posteriormente, a identificação até o nível de espécie, quando possível.

## 2.3 ANÁLISE DE DADOS

Para cada amostragem, o número de visitas e interações das abelhas, vespas e formigas foi correlacionado com a umidade relativa do ar e a temperatura do ar no momento da amostragem, separadamente. Foi considerado uma interação qualquer relação entre um Hymenoptera visitante floral e uma espécie vegetal, enquanto as visitas são a frequência dessas interações. Os dados dos fatores abióticos foram descartados quando não houve visitas. Sendo assim, foram obtidas 39 réplicas para visitas de abelhas, 31 para visitas de vespas e 29 para visitas de formigas. A influência dos fatores abióticos, independentemente um do outro, sobre as interações e visitas dos organismos foram testadas com o coeficiente de correlação de classificação de Kendall. A normalidade e a homogeneidade dos dados foram testadas anteriormente. Os testes foram realizados no software R, versão 4.1.0 (R Core Team, 2020).

Com os dados de todos os himenópteros coletados e todas as plantas amostradas, foram construídas 12 redes de interações de visitantes florais. Elas foram divididas em quatro grupos: um constituído por formigas e abelhas, outro constituído por abelhas e vespas, outro constituído por formigas e vespas e outro constituído pelos três grupos taxonômicos. Para cada um desses grupos, três redes foram construídas: uma para o período da manhã, uma para o período da tarde e uma para o período de um dia inteiro. As redes foram construídas desta forma para verificar como cada grupo tem impacto na comunidade dos himenópteros. Para cada rede, foram utilizadas matrizes ponderadas, para análise de especialização e de espécies centrais, e matrizes binárias para análise de aninhamento e de modularidade.

Primeiramente, no software R versão 4.1.0 (R Core Team, 2020), foi avaliada a especialização, empregando o índice de especialização  $H_2'$ , que varia de 0 (baixa especialização, rede generalista e muitas interações sobrepostas) a 1 (alta especialização, rede especializada e poucas ou nenhuma interações sobrepostas) (Blüthgen et al., 2006). Fazendo uso de modelos nulos, foi calculada a significância da especialização, ao comparar o valor real da especialização com uma sequência de valores aleatorizados 1000 vezes. O p-valor reflete a posição do valor observado na distribuição de probabilidade que foi traçada (Mello et al., 2016). A seguir, para avaliar padrões não aleatórios de interação himenóptero-flor, o aninhamento das redes foi calculado

utilizando a métrica NODF no software ANINHADO (Guimarães & Guimarães, 2006), empregando 1000 redes geradas pelo modelo nulo II. Os valores variam de 0 (não aninhado) a 100 (perfeitamente aninhado) (Bascompte et al., 2003). Depois, fez-se necessário avaliar se existiam grupos de Hymenoptera que só se associam a um conjunto de plantas e que são extremamente especializados; para o fazer, a modularidade das redes foi calculada. Para isso, o software MODULAR foi utilizado (Guimerá & Amaral, 2005). O índice de modularidade varia de 0 (sem módulos) a 1 (módulos completamente separados). Foram utilizadas 1000 redes aleatorizadas pelo modelo nulo II, com margens totais constantes (Bascompte et al., 2003). Posteriormente, foi empregada a metodologia descrita por Dáttilo et al. (2013a) para descobrir as espécies centrais dessa comunidade. Isto permite verificar as espécies dos visitantes florais com maior frequência de interações, ou seja, as espécies mais generalistas da comunidade. A mesma análise foi feita para as espécies de plantas. Além disso, para medir o *turnover* na composição da comunidade de Hymenoptera entre os períodos da manhã e da tarde, foi calculada a sobreposição de nicho temporal, utilizando o índice de semelhança de Jaccard para as redes de assembleias mistas e as redes de todas a comunidade; como se segue:  $A/(A + B + C)$ , onde A é o número de espécies de visitantes florais partilhadas entre os dois períodos de amostragem, B é o número de espécies de visitantes florais presentes apenas durante a manhã e C é o número de espécies de visitantes florais presentes apenas durante a tarde (Dáttilo et al., 2014a). Para aferir o *turnover* das espécies de plantas visitadas, foi utilizada a mesma análise. As redes ponderadas foram representadas graficamente por diagramas aluviais, através da ferramenta RAWGraphs (Mauri et al., 2017).



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 RESULTADOS

Neste estudo, a partir das amostras coletadas ao longo de 13 meses, foram encontradas 10 espécies diferentes de abelhas, 9 espécies diferentes de vespas e 18 espécies diferentes de formigas (Tabela 1), interagindo com 20 espécies diferentes de plantas (Tabela 2). O número total de visitas de abelhas avistadas durante todo o período de amostragem foi de 231, resultando em 49 interações diferentes com 17 espécies de plantas; as visitas de vespas foram 77, distribuídas em 34 interações com 13 espécies de plantas; e as formigas representam 175 visitas registradas e 65 interações com 16 espécies de plantas.

Ao longo do período de amostragem, as abelhas tiveram o maior número médio de visitas e o maior número médio de interações em agosto (Figura 2; Figura 3), enquanto o maior número médio de visitas de vespas foi observado em maio e agosto (Figura 2), enquanto o mês com o maior número de interações foi maio (Figura 3); para as formigas, março teve o maior número médio de visitas e interações (Figura 2; Figura 3). Em dezembro de 2019 foi registrado o menor número médio de visitas e interações feitas por abelhas (Figura 2; Figura 3) e nenhuma vespa foi encontrada forrageando flores nesse período. Enquanto nenhuma formiga visitou quaisquer flores no período de setembro a outubro desse mesmo ano (Figura 2; Figura 3). O número médio de interações e visitas foram obtidos a partir da média aritmética dos números de organismos coletados durante o mês, pelo número de amostragens no mesmo período.

A umidade relativa média do ar nas amostragens foi de  $69,01 \pm 7,56\%$ . Não foi demonstrado que a umidade relativa do ar tivesse impacto na quantidade de visitas ou interações de qualquer himenóptero. Nem o número de visitas de abelhas ( $p = 0,2243$ ,  $\tau = -0,1427$ ) nem a quantidade de interações de abelhas foram influenciadas pela umidade ( $p = 0,2717$ ,  $\tau = -0,1571$ ), tal como o número de visitas de vespas ( $p = 0,7777$ ,  $\tau = -0,0391$ ) e a quantidade de interações de vespas ( $p = 0,3538$ ,  $\tau = -0,1293$ ) ou o número de visitas de formigas ( $p = 0,1359$ ,  $\tau = -0,1982$ ) e interações ( $p = 0,1488$ ,  $\tau = -0,1937$ ).

A temperatura média do ar durante o período de amostragem foi de  $27,65 \pm 3,83^\circ\text{C}$ . A temperatura ambiente não afetou o número de visitas de abelhas ( $p = 0,6062$ ,  $\tau = -0,0605$ ) ou interações ( $p = 0,3514$ ,  $\tau = -0,1094$ ) ou o número de visitas de vespas ( $p = 0,6592$ ,  $\tau = -0,0610$ ) ou interações ( $p = 0,7618$ ,  $\tau = -0,0422$ ), mas influenciou positivamente o número de visitas de formigas ( $p = 0,0010$ ,  $\tau = 0,4360$ , Figura 4) e o número de interações de formigas ( $p = 0,0010$ ,  $\tau = 0,4420$ , Figura 5).

Tabela 1. Espécies de himenópteros visitantes florais no Jardim Botânico da UFRRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. De dezembro de 2018 a dezembro de 2019.

ID	Família	Espécies de Hymenoptera da comunidade
#01	Apidae	<i>Plebeia</i> sp1
#02	Apidae	<i>Plebeia</i> sp2
#03	Apidae	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758
#04	Halictidae	<i>Augochlora</i> sp1
#05	Halictidae	<i>Augochloropsis</i> sp1
#06	Apidae	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)
#07	Apidae	<i>Scaptotrigona</i> sp1
#08	Apidae	<i>Nomada</i> sp1
#09	Apidae	<i>Bombus</i> sp1
#10	Colletidae	<i>Actenosigynes</i> sp1
#11	Vespidae	<i>Charterginus</i> sp1
#12	Vespidae	<i>Polybia paulista</i> von Ihering, 1896
#13	Vespidae	<i>Angiopolybia</i> sp1
#14	Vespidae	<i>Polybia</i> sp1
#15	Vespidae	<i>Ceramiopsis gestroi</i> Zavattari, 1910
#16	Vespidae	<i>Polybia</i> sp2
#17	Vespidae	<i>Polybia</i> sp3
#18	Vespidae	<i>Charterginus</i> sp2
#19	Vespidae	<i>Charterginus</i> sp3
#20	Formicidae	<i>Pseudomyrmex</i> sp1
#21	Formicidae	<i>Pseudomyrmex</i> sp2
#22	Formicidae	<i>Brachymyrmex heeri</i> Forel, 1874
#23	Formicidae	<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972
#24	Formicidae	<i>Crematogaster</i> sp1
#25	Formicidae	<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862
#26	Formicidae	<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)
#27	Formicidae	<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)
#28	Formicidae	<i>Solenopsis</i> sp1
#29	Formicidae	<i>Brachymyrmex</i> sp1
#30	Formicidae	<i>Camponotus</i> sp1
#31	Formicidae	<i>Brachymyrmex admotus</i> Mayr, 1887
#32	Formicidae	<i>Crematogaster curvispinosa</i> Mayr, 1862
#33	Formicidae	<i>Crematogaster limata</i> Smith, F., 1858
#34	Formicidae	<i>Pseudomyrmex</i> sp3
#35	Formicidae	<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870
#36	Formicidae	<i>Brachymyrmex</i> sp3
#37	Formicidae	<i>Brachymyrmex</i> sp2

Tabela 2. Espécies de plantas envolvidas nas interações com os himenópteros visitantes florais, no Jardim Botânico da UFRRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. De dezembro de 2018 a dezembro de 2019.

ID	Família	Espécies de plantas da comunidade	n
P01	Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia Raddi</i>	7
P02	Arecaceae	<i>Phoenix sp1</i>	1
P03	Asteraceae	<i>Stiffia chrysantha Mikan</i>	9
P04	Boraginaceae	<i>Cordia superba Cham.</i>	4
P05	Cactaceae	Cactaceae sp1	1
P06	Chrysobalanaceae	<i>Microdesmia rigida (Benth.) Sothers &amp; Prance</i>	3
P07	Ericaceae	<i>Rhododendron sp1</i>	2
P08	Fabaceae	<i>Bauhinia variegata L.</i>	3
P09	Fabaceae	<i>Cassia fistula L.</i>	3
P10	Fabaceae	<i>Paubrasilia echinata (Lam.) Gagnon &amp; Lewis</i>	1
P11	Lamiaceae	<i>Clerodendrum x speciosum W. Bull</i>	5
P12	Lamiaceae	<i>Clerodendrum speciosissimum Drapiez</i>	4
P13	Lecythidaceae	<i>Couroupita guianensis Aubl.</i>	4
P14	Malvaceae	<i>Hibiscus sp1</i>	5
P15	Malvaceae	<i>Hibiscus sp2</i>	1
P16	Melastomataceae	<i>Tibouchina granulosa (Desr.) Cogn.</i>	1
P17	Myrtaceae	<i>Callistemon viminalis G. Don ex Loud.</i>	6
P18	Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus Hook. &amp; Arn.</i>	6
P19	Sapindaceae	<i>Sapindus sp1</i>	1
P20	Verbenaceae	<i>Duranta repens L.</i>	2

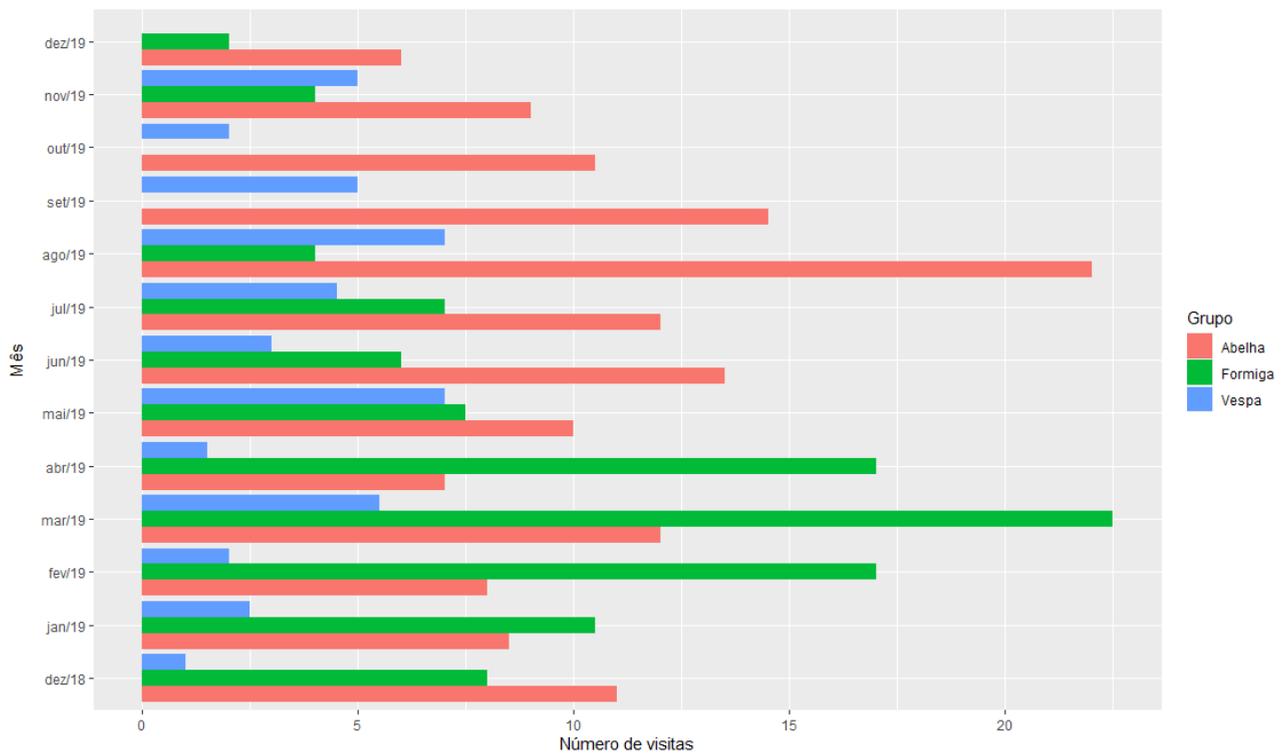


Figura 2. Número médio de visitas por grupos de visitantes florais no Jardim Botânico da UFRRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil; de dezembro de 2018 a dezembro de 2019.

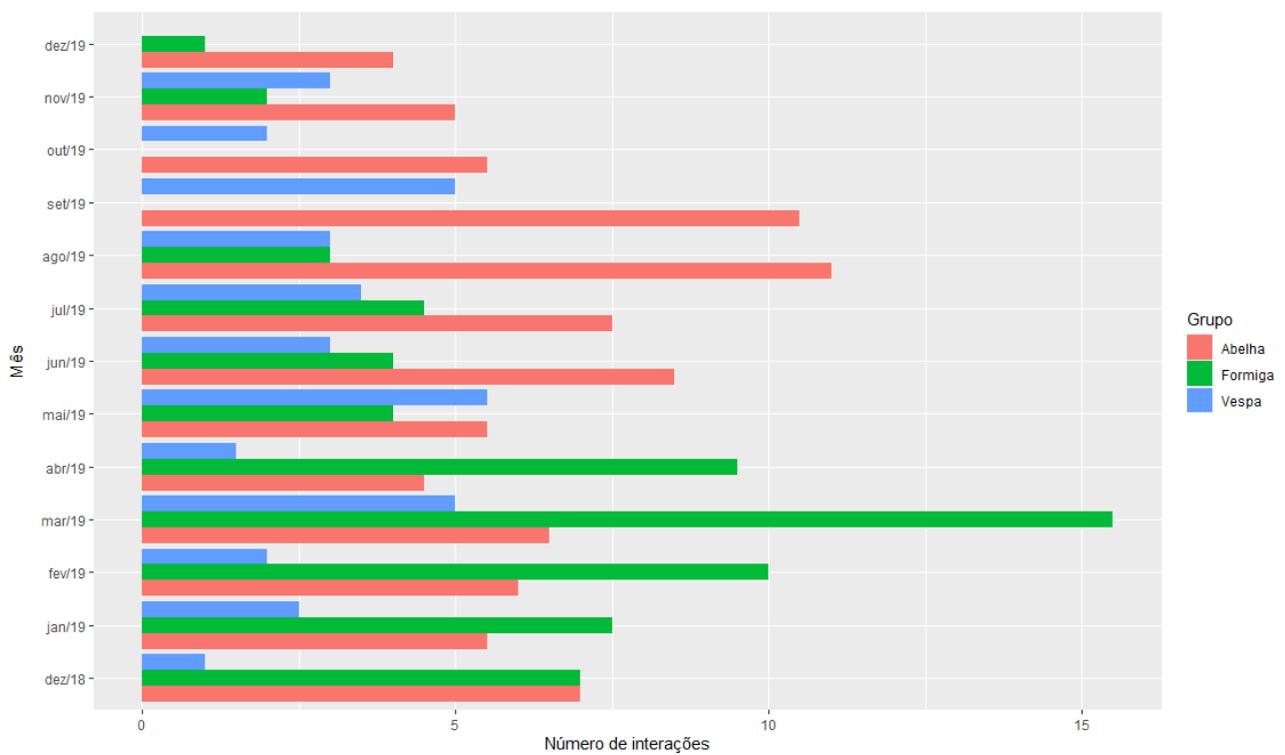


Figura 3. Número médio de interações por grupos de visitantes florais no Jardim Botânico da UFRRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil; de dezembro de 2018 a dezembro de 2019.

As redes da comunidade de Hymenoptera visitantes florais foram aninhadas durante a manhã (NODF = 23,17,  $p = 0,03$ ), à tarde (NODF = 19,96,  $p = 0,01$ ) e durante todo o dia (NODF = 25,41,  $p < 0,001$ ). Estas redes não exibiram qualquer modularidade e mostraram uma especialização significativa (manhã:  $H_2' = 0,35$ ,  $p < 0,001$ ; tarde:  $H_2' = 0,39$ ,  $p < 0,001$ ; todo o dia:  $H_2' = 0,37$ ,  $p < 0,001$ ) (Tabela 3). As espécies centrais de Hymenoptera visitantes florais foram: de manhã - *Apis mellifera*, *Plebeia* sp.1, *Plebeia* sp.2, *Trigona spinipes*, e *Camponotus crassus*; à tarde - *Apis mellifera*, *Plebeia* sp.2, *Trigona spinipes*, *Camponotus crassus*, e *Wasmannia auropunctata*; durante todo o dia - *Apis mellifera*, *Plebeia* sp.1, *Plebeia* sp.2, *Trigona spinipes*, *Camponotus crassus*, e *Wasmannia auropunctata* (Tabela 3). As espécies centrais de plantas foram: de manhã, à tarde e durante todo o dia - formada por *Stiffia chrysantha*, *Clerodendrum X speciosum*, *Callistemon viminalis*, e *Antigonon leptopus* (Tabela 3).

As redes de formigas e abelhas foram aninhadas durante a tarde (NODF = 19,31,  $p = 0,05$ ) e durante todo o dia (NODF = 14,64,  $p < 0,001$ ), mas não foram aninhadas durante a manhã. Estas redes não mostraram qualquer modularidade e demonstraram uma especialização significativa (de manhã:  $H_2' = 0,38$ ,  $p < 0,001$ ; tarde:  $H_2' = 0,43$ ,  $p < 0,001$ ; dia inteiro:  $H_2' = 0,40$ ,  $p < 0,001$ ) (Tabela 3). As espécies centrais de himenópteros visitantes florais e de plantas nestas redes foram as mesmas obtidas para as redes de toda a comunidade (Tabela 3).

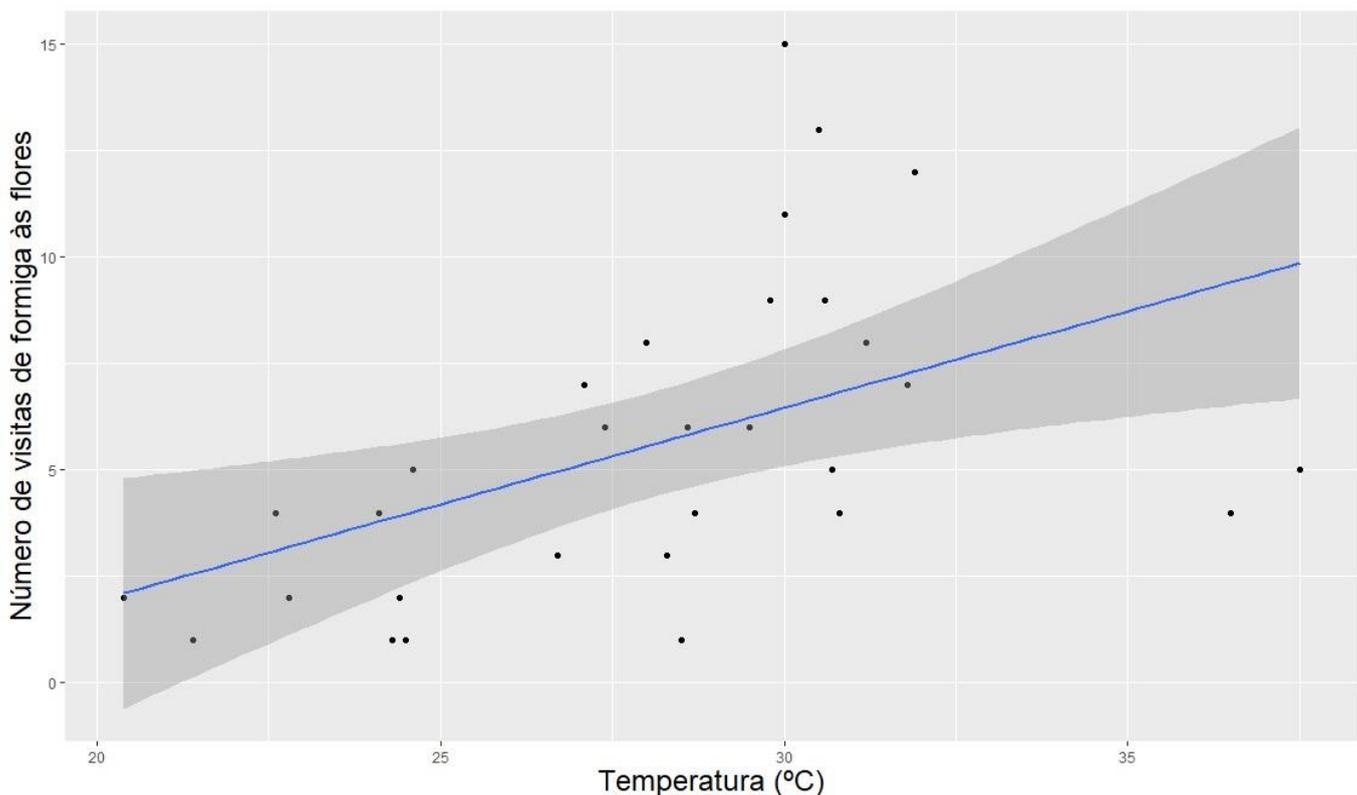


Figura 4. Correlação de Kendall da temperatura e do número de visitas de formigas às flores no Jardim Botânico da UFRRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil; de janeiro de 2019 a dezembro de 2019. O eixo x representa a temperatura, e o eixo y representa o número de visitas.

As redes de abelhas e vespas foram aninhadas durante a manhã (NODF = 16,89,  $p = 0,01$ ), à tarde (NODF = 16,25,  $p = 0,02$ ) e o dia inteiro (NODF = 17,35,  $p = 0,02$ ). Estas redes não exibiram modularidade e apresentaram a mesma especialização em todos os períodos ( $H_2' = 0,29$ ,  $p < 0,001$ ) (Tabela 3). As espécies centrais de Hymenoptera foram: de manhã e durante todo o dia - *Apis mellifera*, *Plebeia* sp.1, *Plebeia* sp.2, e *Trigona spinipes*; à tarde - *A. mellifera*, *Plebeia* sp.2, e *T. spinipes* (Tabela 3). As espécies centrais de plantas foram: de manhã, à tarde e durante todo o dia - *Stiftia chrysantha*, *Callistemon viminalis*, e *Antigonon leptopus* (Tabela 3).

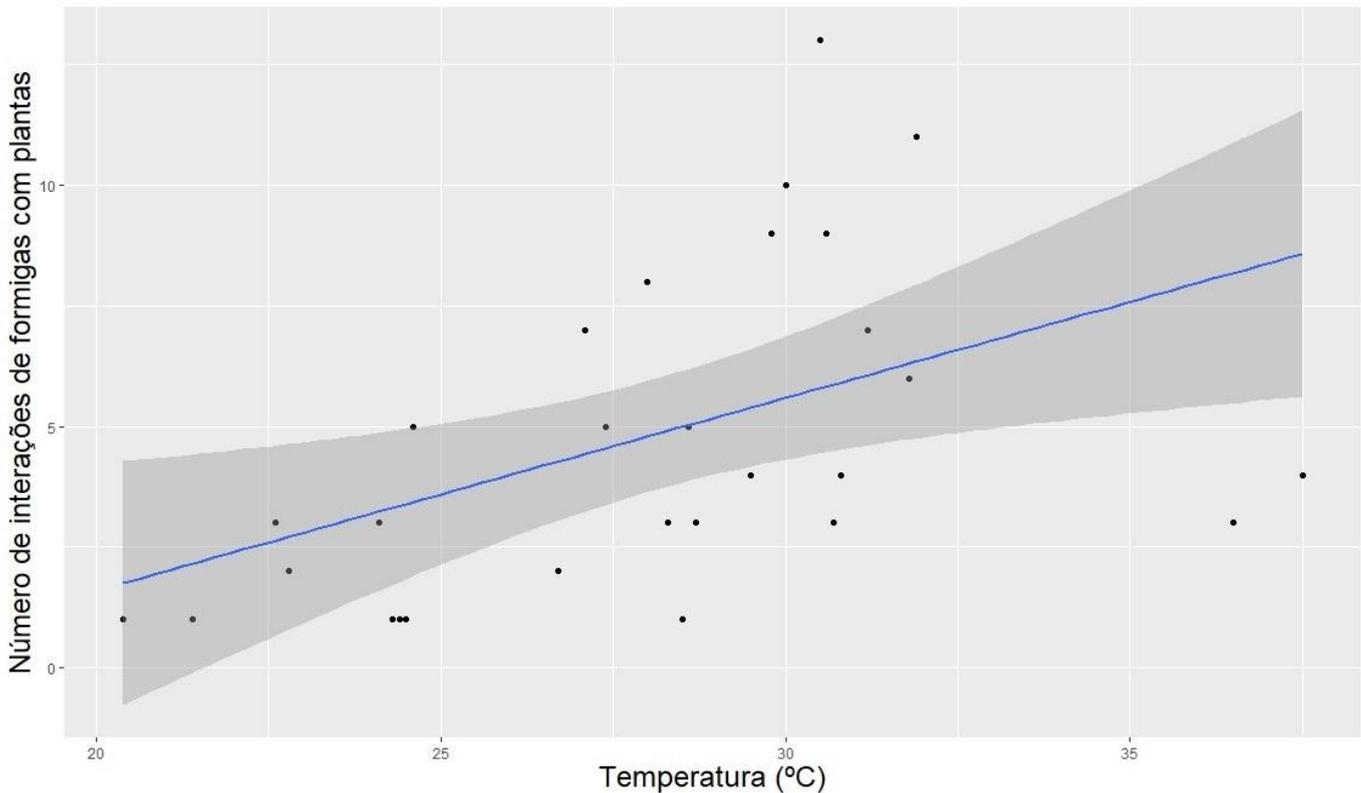


Figura 5. Correlação de Kendall da temperatura e do número de interações de formigas com flores no jardim botânico da UFRRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil; de janeiro de 2019 a dezembro de 2019. O eixo x representa a temperatura, e o eixo y representa o número de interações.

Por fim, as redes para as vespas e as formigas foram aninhadas durante a tarde (NODF = 11,43  $p = 0,02$ ) e durante todo o dia (NODF = 17,35,  $p = 0,01$ ), mas não foram aninhadas durante a manhã. Estas redes não mostraram qualquer modularidade, contudo demonstraram especialização (de manhã:  $H_2' = 0,37$ ,  $p < 0,001$ ; tarde:  $H_2' = 0,42$ ,  $p < 0,001$ ; todo o dia:  $H_2' = 0,43$ ,  $p < 0,001$ ) (Tabela 3). As espécies centrais de Hymenoptera eram as mesmas em todas as redes: *Angiopolybia* sp1, *Camponotus crassus*, e *Wasmannia auropunctata*. As espécies centrais de plantas foram: de manhã - *Clerodendrum X speciosum*, e *A. leptopus* (Tabela 3); à tarde e durante todo o dia - *Cordia superba*, *Clerodendrum X speciosum*, e *A. leptopus* (Tabela 3).

O índice de semelhança Jaccard das redes de todos os grupos taxonômicos de visitantes florais foi de 0,73, o que significa que 73% das espécies de himenópteros observadas são as mesmas

de manhã e à tarde; as redes de abelhas e vespas e de vespas e formigas exibiram uma maior semelhança (índice de semelhança Jaccard = 0,76; 0,79, respectivamente); as redes de formigas e abelhas exibiram a maior semelhança de composição entre todas as redes (índice de semelhança Jaccard = 0,80). Já para as plantas visitadas, o índice de semelhança Jaccard das redes de todos os grupos taxonômicos e de formigas e abelhas foi de 0,96 o que significa que 96% das espécies de plantas visitadas pela comunidade e pelas abelhas e formigas são as mesmas de manhã e à tarde, as plantas das redes de abelhas e vespas mostraram uma menor similaridade (índice de semelhança Jaccard = 0,84), e as plantas das redes de vespas e formigas mostraram a menor similaridade (índice de semelhança Jaccard = 0,83).

A rede matinal de toda comunidade indica uma predominância de interações feitas pelas formigas; contudo, o número de visitas feitas pelas abelhas foi mais elevado. Devido a isso, as visitas de abelhas foram as mais frequentes, principalmente as visitas feitas por *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* (Figura 6a). As plantas mais visitadas de manhã foram, respectivamente, *Antigonon leptopus* e *Callistemon viminalis* (Figura 6a). Na rede da tarde, *A. mellifera* realizou o maior número de visitas, por outras palavras, teve uma maior frequência de interação, seguida pela espécie de formiga *Camponotus crassus* (Figura 6b). É notável que à tarde a frequência das formigas se tornou mais elevada e elas continuaram a ser o grupo com mais interações. As plantas com maior número de visitas também mudaram durante a tarde: as espécies que ocuparam posições de destaque foram *C. viminalis* e *Stiffia chrysantha* (Figura 6b). A rede do dia inteiro mostrou semelhanças com ambas as redes, em diferentes aspectos: no que diz respeito aos visitantes de flores, a rede do dia inteiro foi semelhante à rede da tarde, com uma maior frequência de interação da espécie *A. mellifera*, mas com uma grande frequência de interação das formigas; no que diz respeito às plantas visitadas, a rede do dia inteiro esteve mais próxima do resultado obtido pela rede da manhã, sendo as espécies *A. leptopus* e *C. viminalis* as plantas com maior número de visitas (Figura 6c).

Tabela 3. Métricas das redes de todas as matrizes construídas a partir da comunidade de himenópteros visitantes florais do Jardim Botânico da UFRRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. Durante dezembro de 2018 a dezembro de 2019.

	H <sub>2</sub> '	Modularidade	Aninhamento	Himenópteros centrais	Plantas centrais
<b>Toda comunidade</b>					
<b>Manhã</b>	0.35 (p < 0.001)	0.30 (p = 0.88)	23.17 (p = 0.03)	#01; #02; #03; #06; #25	P03; P11; P17; P18
<b>Tarde</b>	0.39 (p < 0.001)	0.33 (p = 0.90)	19.96 (p = 0.01)	#02; #03; #06; #25; #26	P03; P11; P17; P18
<b>Dia todo</b>	0.37 (p < 0.001)	0.26 (p = 0.91)	25.41 (p < 0.001)	#01; #02; #03; #06; #25; #26	P03; P11; P17; P18
<b>Formiga + Abelha</b>					
<b>Manhã</b>	0.38 (p < 0.001)	0.41 (p = 0.30)	13.11 (p = 0.11)	#01; #02; #03; #06; #25	P03; P11; P17; P18
<b>Tarde</b>	0.43 (p < 0.001)	0.46 (p = 0.32)	19.31 (p = 0.05)	#02; #03; #06; #25; #26	P03; P11; P17; P18
<b>Dia todo</b>	0.40 (p < 0.001)	0.35 (p = 0.65)	14.64 (p < 0.001)	#01; #02; #03; #06; #25; #26	P03; P11; P17; P18
<b>Abelha + Vespa</b>					
<b>Manhã</b>	0.29 (p < 0.001)	0.37 (p = 0.66)	16.89 (p = 0.01)	#01; #02; #03; #06	P03; P17; P18
<b>Tarde</b>	0.29 (p < 0.001)	0.38 (p = 0.65)	16.25 (p = 0.02)	#02; #03; #06	P03; P17; P18
<b>Dia todo</b>	0.29 (p < 0.001)	0.33 (p = 0.86)	17.35 (p = 0.02)	#01; #02; #03; #06	P03; P17; P18
<b>Vespa + Formiga</b>					
<b>Manhã</b>	0.37 (p < 0.001)	0.45 (p = 0.27)	12.65 (p = 0.11)	#13; #25; #26	P11; P18
<b>Tarde</b>	0.42 (p < 0.001)	0.46 (p = 0.32)	11.43 (p = 0.02)	#13; #25; #26	P04; P11; P18
<b>Dia todo</b>	0.43 (p < 0.001)	0.36 (p = 0.79)	14.15 (p = 0.01)	#13; #25; #26	P04; P11; P18

H<sub>2</sub>' = Especialização; Himenópteros centrais = Espécies centrais de himenópteros visitantes florais; Plantas centrais = Espécies centrais de plantas envolvidas nas visitas florais.

O código de organismos da coluna de himenópteros centrais está na Tabela 1. O código de organismos da coluna de plantas centrais está na Tabela 2.

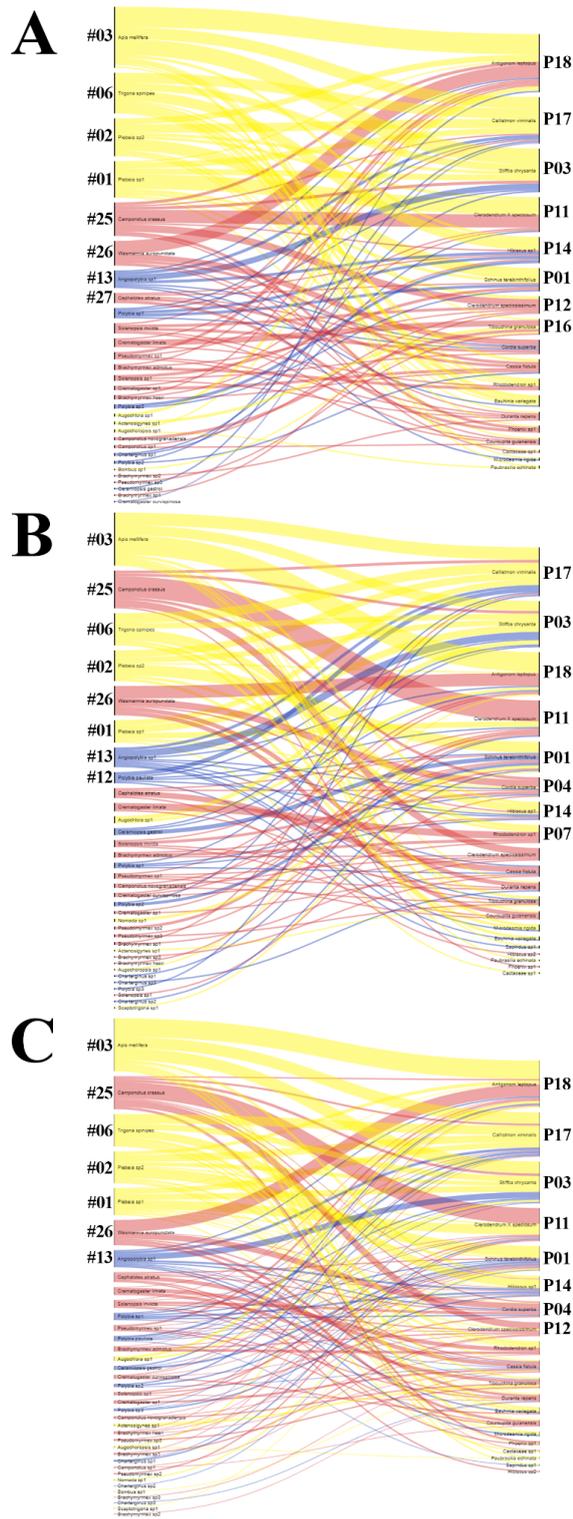


Figura 6. Redes da comunidade de himenópteros visitantes florais do Jardim Botânico da UFRRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil; de dezembro de 2018 a dezembro de 2019. A rede está organizada de acordo com a frequência das interações (visitas). À esquerda estão as espécies de insetos visitantes e à direita as espécies vegetais. Amarelo: Abelhas; azul: Vespas; vermelho: Formigas. A: Rede da manhã; B: Rede da tarde; C: Rede do dia inteiro. Os códigos de organismos das colunas à esquerda estão na Tabela 1. Os códigos de organismos das colunas à direita estão na Tabela 2.

A rede matinal das assembleias combinadas de formigas e abelhas mostrou que existe uma maior frequência de interações realizadas pelas abelhas nesse período, destacando-se *A. mellifera*, *T. spinipes*, *Plebeia* sp.2 e *Plebeia* sp.1 o que também é corroborado pela maior presença das abelhas nas espécies centrais da comunidade no período matutino (Tabela 3, Figura 7a). A rede vespertina indica que as formigas interagem com flores mais frequentemente nesse período, evidenciando-se o aumento da atividade de *C. crassus* e *W. auropunctata*, e a redução de atividade de algumas abelhas, como *Plebeia* sp.2 e *Plebeia* sp.1, durante a tarde, o que também é corroborado pela menor presença de abelhas nas espécies centrais da comunidade durante a tarde e uma maior presença de formigas no mesmo período (Tabela 3, Figura 7b). A rede do dia inteiro de formigas e abelhas demonstra que as espécies que tiveram a maior frequência de visitação foram diferentes das redes matutinas e vespertinas, apesar de *A. mellifera* ser a visitante floral mais frequente em todas as redes, houve uma variação de posição que algumas abelhas e formigas ocuparam, devida   alteração da frequência das intera oes, além de uma variação da composição de espécies que compoem as espécies com maior frequência de visitação (Figura 7c). É importante ressaltar que, apesar dessas redes demonstrarem variação na composição e na atividade dos visitantes florais dessas assembleias, as plantas mais visitadas se mantiveram as mesmas nas redes matutinas, vespertinas e do dia inteiro (Figura 7).

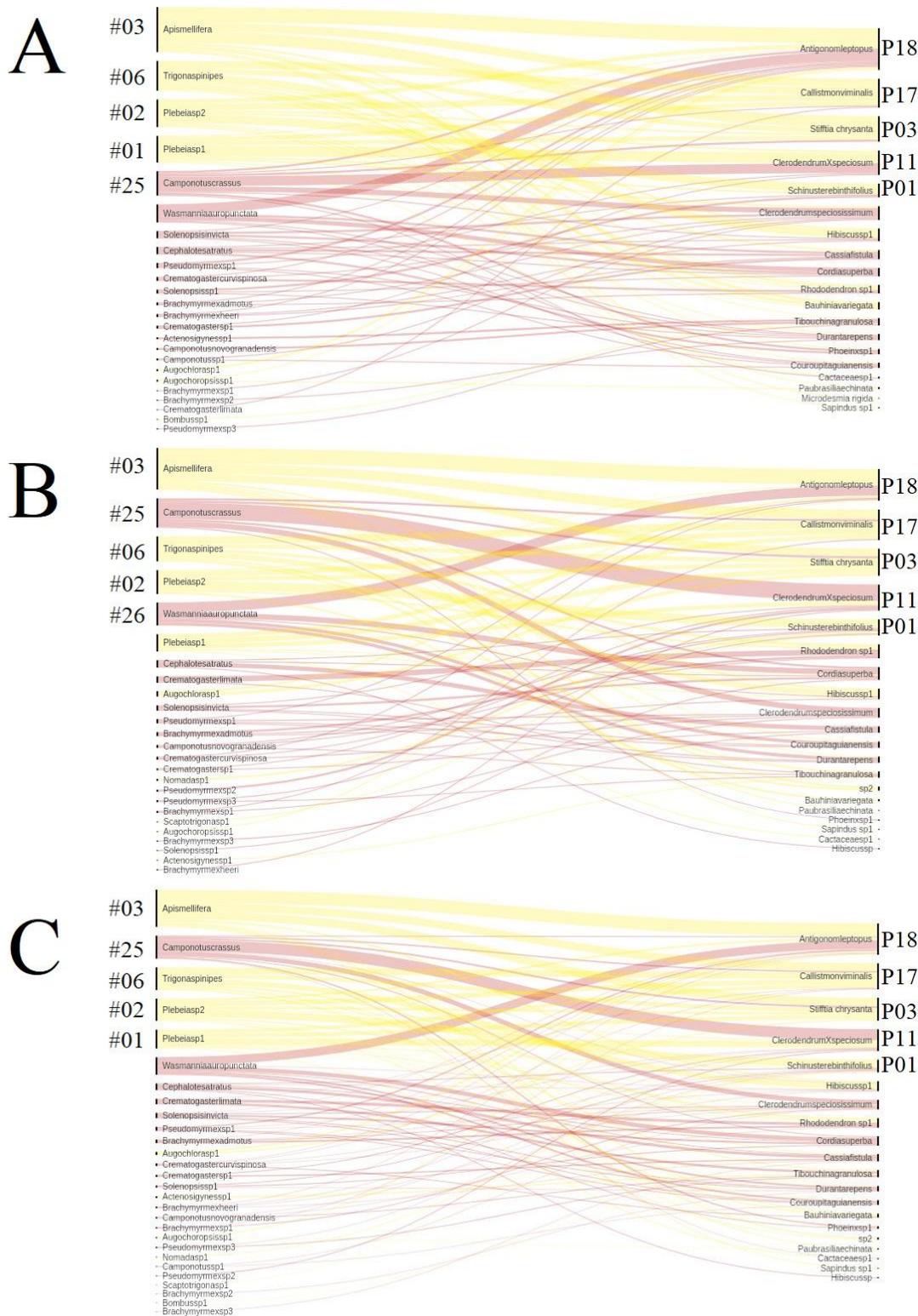


Figura 7. Redes das assembleias combinadas de formigas e abelhas da comunidade de himenópteros visitantes florais do Jardim Botânico da UFRRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil; de dezembro de 2018 a dezembro de 2019. A rede está organizada de acordo com a frequência das interações (visitas). À esquerda estão as espécies de insetos visitantes e à direita as espécies vegetais. Amarelo: Abelhas; vermelho: Formigas. A: Rede da manhã; B: Rede da tarde; C: Rede do dia inteiro. Os códigos de organismos das colunas à esquerda estão na Tabela 1. Os códigos de organismos das colunas à direita estão na Tabela 2.

Já as redes das assembleias combinadas de abelhas e vespas, indicam que existe uma maior frequência de interações realizadas pelas abelhas em todos os períodos, destacando-se *A. mellifera*, *T. spinipes*, *Plebeia* sp.2 e *Plebeia* sp.1; tendo apenas uma vespa se destacado entre os visitantes florais com maior frequência de visitação - *Angiopolybia* sp.1 (Figura 8). Além das espécies de visitantes florais, analisa-se também a variação nas espécies botânicas visitadas, mesmo que as espécies de visitantes não tenham sofrido grandes alterações entre as redes de abelhas e vespas, as espécies de flores visitadas sofreu uma sutil variação entre as redes matutinas e vespertinas. Na rede matutina, *Clerodendrum X speciosum* é destacada como a quinta espécie botânica mais visitada da rede e *Hibiscus* sp. 1 ocupa a quarta posição dentre as mais visitadas dessa rede (Figura 8a). Já na rede vespertina, *Hibiscus* sp.1 passa a ser uma espécie menos visitada e, *Clerodendrum X speciosum* não se encontra mais em destaque entres as espécies mais visitadas e *Schinus terebinthifolia* toma a quarta posição das espécies botânicas mais visitadas por abelhas e vespas durante a tarde (Figura 8b). A rede do dia todo reflete uma realidade similar à encontrada na rede vespertina de abelhas e vespas (Figura 8c).

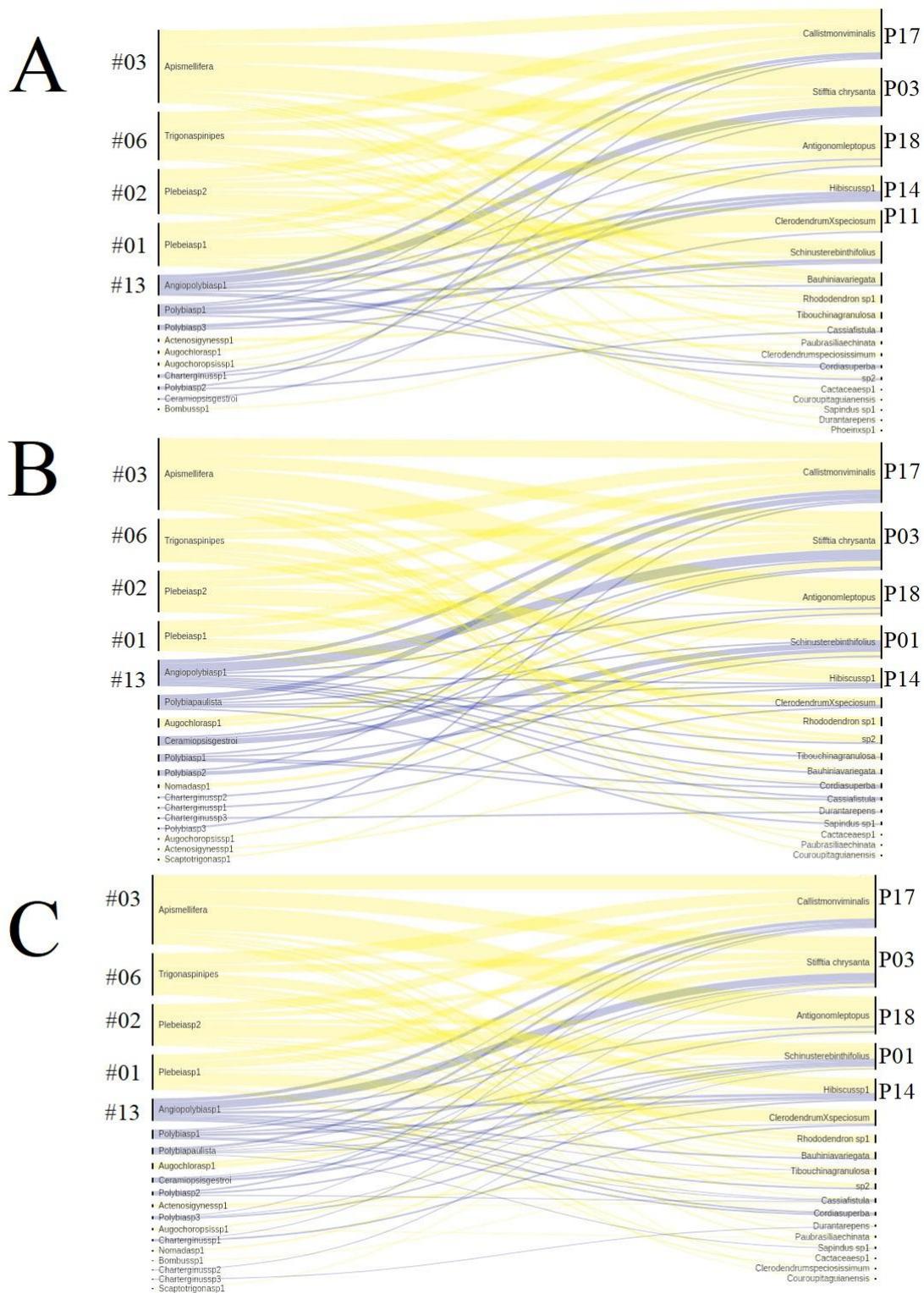


Figura 8. Redes das assembleias combinadas de abelhas e vespas da comunidade de himenópteros visitantes florais do Jardim Botânico da UFRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil; de dezembro de 2018 a dezembro de 2019. A rede está organizada de acordo com a frequência das interações (visitas). À esquerda estão as espécies de insetos visitantes e à direita as espécies vegetais. Amarelo: Abelhas; azul: Vespas. A: Rede da manhã; B: Rede da tarde; C: Rede do dia inteiro. Os códigos de organismos das colunas à esquerda estão na Tabela 1. Os códigos de organismos das colunas à direita estão na Tabela 2.

A rede matinal das assembleias combinadas de vespas e formigas mostrou que existe uma maior frequência de interações realizadas pelas formigas nesse período, destacando-se *C. crassus*, *W. auropunctata* e *C. atratus*, o que também é corroborado pela maior presença das formigas nas espécies centrais da comunidade e no período matutino (Tabela 3, Figura 9a); entretanto, a frequência de interação de vespas não foi muito menor do que a de formigas, *Angiopolybia* sp.1 e *Polybia* sp.3 também se destacaram como espécies que mais visitaram flores nesse período entre as formigas e vespas (Figura 9a). A rede vespertina indica que as espécies de formigas que visitaram mais nesse período ainda são as mesmas, entretanto, há um pequeno decaimento da atividade da *C. atratus*, frente às outras espécies da rede, já entre as vespas que mais visitaram nesse período, encontram-se *Angiopolybia* sp.1 e *Polybia paulista*, indicando uma mudança, mesmo que sutil, na composição e na atividade das vespas visitantes florais mais frequentes da rede (Figura 9b). Já a rede do dia inteiro de vespas e formigas demonstra que as espécies que tiveram a maior frequência de visita foram diferentes das redes matutinas e vespertinas, tendo uma maior predominância de formigas, das cinco espécies com maior visitação nesta rede, quatro são formigas - *C. crassus*, *W. auropunctata*, *C. atratus* e *S. invicta*, sendo assim, apenas *Angiopolybia* sp.1 se manteve entre as espécies que mais realizaram visitas florais dessa rede.(Figura 9c). Quanto às espécies botânicas visitadas, a diferença entre as redes também é evidente, na rede matutina *A. leptotus* é a espécie mais visitada, seguida, respectivamente, de *C. X speciosum*, *C. speciosissimum*, *C. superba* e *Hibiscus* sp.1 (Figura 9a). Já na rede vespertina, *C. X speciosum* torna-se a espécie mais visitada, enquanto *A. leptotus* é a segunda mais visitada, *C. superba* torna-se a terceira mais visitada e outras duas espécies de plantas ocupam a posição de destaque entre as mais visitadas dessa rede - *S. terebinthifolia* e *C. viminalis* (Figura 9b). Já a rede do dia inteiro assemelha-se parcialmente com a rede vespertina de vespas e formigas, as três primeiras plantas mais visitadas são as mesmas, entretanto, *C. speciosissimum* e *S. chrysantha* estão entre as espécies que mais foram visitadas pelas vespas e formigas (Figura 9c).

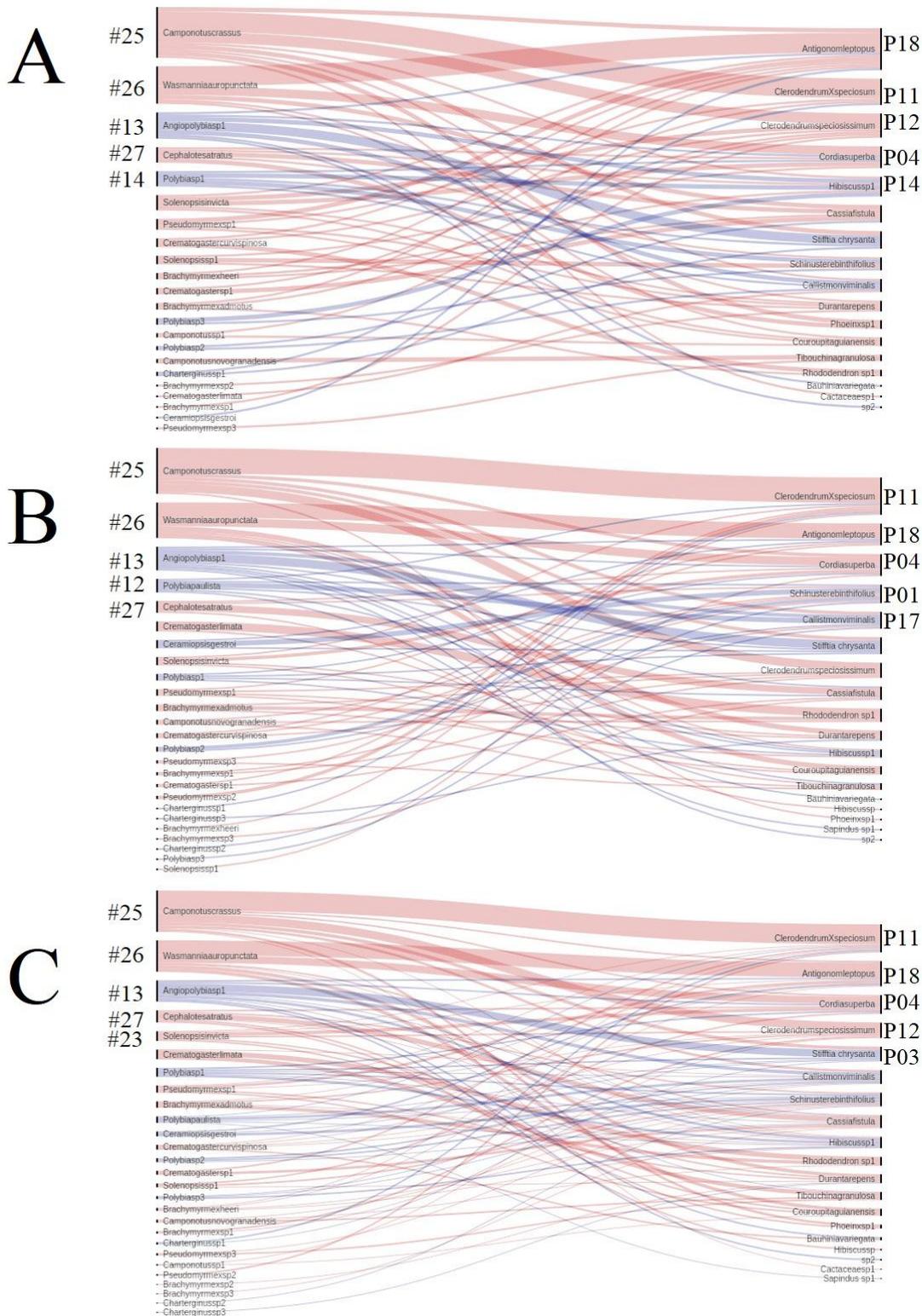


Figura 9. Redes das assembleias combinadas de vespas e formigas da comunidade de himenópteros visitantes florais do Jardim Botânico da UFRRJ, em Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil; de dezembro de 2018 a dezembro de 2019. A rede está organizada de acordo com a frequência das interações (visitas). À esquerda estão as espécies de insetos visitantes e à direita as espécies vegetais. Azul: Vespas; vermelho: formigas. A: Rede da manhã; B: Rede da tarde; C: Rede do dia inteiro. Os códigos de organismos das colunas à esquerda estão na Tabela 1. Os códigos de organismos das colunas à direita estão na Tabela 2.

### 3.2 DISCUSSÃO

Neste estudo, as abelhas visitaram a maior quantidade de flores e de espécies de plantas, as formigas apresentaram o maior número de interações, enquanto as vespas tiveram o menor número de visitas e interações comparadas com os outros grupos. O número de visitas e interações observadas de cada grupo de organismos foi correlacionado com dois fatores abióticos - temperatura do ar e umidade relativa do ar. Os resultados mostraram que a umidade relativa do ar não afetou o número de visitas ou de interações de nenhum dos conjuntos e que a temperatura do ar não afetou o número de visitas ou interações de abelhas ou vespas; contudo, quanto mais alta for a temperatura, mais visitas e interações serão feitas por formigas. Também foram utilizadas redes construídas a partir da comunidade de visitante floral para avaliar o padrão de interações e composição desta comunidade e a influência de cada grupo de organismos sobre a comunidade em diferentes nichos temporais. A partir dessas redes foi possível observar que, com exceção das redes matutinas de formigas e vespas e de abelhas e formigas, a maioria das redes apresentava o mesmo padrão de interação de manhã e à tarde, as redes eram aninhadas, não modulares e de baixa especialização. Por outro lado, em todas as redes, as espécies centrais de himenópteros mudaram ao comparar os períodos da manhã e da tarde, o que significa que a composição desta comunidade difere de acordo com o nicho temporal. As redes das assembleias combinadas, excluindo as redes da comunidade, também mostraram que toda a comunidade de visitantes florais exibia diferentes composições e padrões de interação: as redes com abelhas exibiam maior aninhamento, enquanto as redes com formigas exibiam maior especialização; as redes matinais de assembleias combinadas com formigas não foram aninhadas.

A umidade relativa do ar, apesar de influenciar a composição do néctar (Winkler et al., 2009), não teve impacto no número de visitas ou interações florais de nenhum grupo taxonômico. Elementos da área de estudo podem ter contribuído para a irrelevância deste fator para as visitas e interações dos visitantes florais, tais como a presença de um lago, irrigação e manejo de plantas (Cysneiros et al., 2011). A irrigação é uma das ferramentas antropogênicas que pode alterar o microclima, influenciando não só as plantas mas também a distribuição das espécies de insetos (Federman et al., 2013).

A temperatura do ar teve um papel positivo no número de visitas e interações de formigas, exibindo uma forte correlação. As visitas tendiam a ser mais frequentes entre 30-33° celsius, que é o intervalo de temperatura do ar com maior atividade de insetos (Paaijmans et al., 2013; Carvalho et al., 2014). A temperatura do ar molda o comportamento de forrageio das formigas e estes organismos são muito resistentes ao calor, com atividade registrada a temperaturas do ar superiores a 60°C (Heinrich, 1993; Luna et al., 2021). Assim, uma correlação positiva da temperatura do ar com as visitas e interações das formigas era esperada e foi devidamente confirmada. Entretanto, a temperatura do ar não teve efeito sobre o número de visitas e interações das abelhas e vespas. As visitas e interações de abelhas e vespas podem ser afetadas por outros fatores abióticos que não foram analisados neste trabalho, tais como precipitação, velocidade do vento e radiação solar (Simões et al., 1985; Loyola & Martins, 2006; Oliveira et al., 2012; Kovac et al., 2015; Marinho & Vivallo, 2020).

Os resultados obtidos neste estudo reforçam um alerta com relação às mudanças climáticas. O aumento da temperatura média global afeta não somente a sobrevivência, como o comportamento de muitos artrópodes, podendo afetar significativamente o processo de polinização (Aquad &

Fonseca, 2017; Vila-Verde et al., 2021). Formigas são animais com o comportamento agressivo e dominante frente a competidores (Hölldobler & Wilson, 1990), o aumento local das visitas florais feitas por formigas, causado por um aumento de temperatura, pode levar essa comunidade ao desequilíbrio, visto que espécies polinizadoras teriam sua sobrevivência comprometida, por conta da competição, predação ou até mesmo pelo esgotamento de recursos, já que formigas predam outros artrópodes e pilham néctar (Rico-Gray & Oliveira, 2007; Dáttilo et al., 2014a; Lavisky et al., 2021; Queiroz et al., 2022). Dessa forma, o estudo atual pode servir de comparação para os trabalhos seguintes que investigam a resposta dos himenópteros visitantes florais às alterações climáticas (Hofmann et al., 2018).

Quase todas as redes mostraram baixa especialização, aninhamento e nenhuma modularidade, o que aponta para a presença de espécies altamente generalistas, que utilizaram os recursos de diversas plantas (Blüthgen et al., 2007; Blüthgen & Klein, 2011; Blüthgen, 2012). A baixa especialização indica também que esta comunidade tem uma redundância de nicho ecológico funcional; isto pode ter relação com a inércia dos nichos entre as espécies atuais ou ao fato das espécies interagirem com muitas espécies vegetais diferentes, exibindo generalismo. As redes que apresentam redundância de nichos são geralmente observadas em comunidades que são mais estáveis face à adversidade; contudo, como muitas espécies exploram os mesmos recursos, isso pode gerar um aumento na competição interespecífica (Blüthgen & Klein, 2011; Blüthgen, 2012).

Com relação à comunidade estudada, o que possivelmente explica o padrão aninhado é a presença de espécies super-generalistas e dominantes (tais como *Apis mellifera*, *Trigona spinipes*, *Camponotus crassus*, e *Wasmannia auropunctata*), que visitam a maioria das espécies vegetais da área e também interagem com o conjunto de plantas visitadas por espécies periféricas (Dáttilo et al., 2014a; Dáttilo et al., 2014b; Giannini et al., 2015). Além disso, é importante notar que as redes de formigas e vespas não alcançaram aninhamento durante o período da manhã, provavelmente porque a frequência de visitas de espécies super-generalistas importantes diminuiu (como *Camponotus crassus*, e *Wasmannia auropunctata*), que promoveram o aninhamento nas redes vespertinas e do dia inteiro, e devido a uma maior presença de espécies periféricas (Díaz-Castelazo et al., 2010; Díaz-Castelazo et al., 2013; Lange & Del-Claro, 2014).

A explicação provável para o padrão não-modular destas redes, para além de uma pequena especialização e de uma comunidade maioritariamente generalista, é o comportamento do Hymenoptera que visita as flores (Dáttilo et al., 2014a; Dáttilo et al., 2014b). As vespas e formigas não utilizam apenas recursos florais na sua alimentação; estes organismos são visitantes florais ocasionais, muitas vezes associados à predação de outros artrópodes, à exploração de outros recursos botânicos (por exemplo, néctar extrafloral, frutos) e ao consumo de outros tipos de fontes alimentares, o que torna a sua interação mais generalizada e não facilita a constituição de módulos nas redes (Brodmann et al., 2008; Rico-Gray & Oliveira, 2007; Mello et al., 2011; Dáttilo et al., 2014a; Brock et al., 2021; Lavisky et al., 2021). As abelhas, embora exclusivamente visitantes florais, interagem com diferentes tipos de plantas de acordo com a disponibilidade (Ebeling et al., 2011; Grass et al., 2016). A baixa diversidade da vegetação amostrada no jardim botânico também pode afetar estes padrões, uma vez que a estrutura da vegetação é importante para a composição das comunidades de insetos (Clemente et al., 2012; Junker et al., 2013; Rico-Gray et al., 2012). Embora as redes não modulares sejam um padrão comum nas redes mutualistas generalistas (Del-Claro et al., 2018), o pequeno número de espécies vegetais amostradas pode ter tido impacto no resultado desta métrica, porque as redes de polinização com menos de 50 espécies vegetais tendem a não apresentar modularidade (Olesen et al., 2007).

Quando a métrica das rede dos grupos taxonômicos combinados é analisada, nota-se que a maioria das espécies centrais das redes eram abelhas e que o aninhamento das redes de abelhas e vespas e de formigas e abelhas era mais elevado, exceto no período da manhã da rede de formigas e abelhas. Isto pode ser explicado pelo comportamento das abelhas. As abelhas recebem muita atenção por serem cruciais para a polinização de um grande número de plantas; o seu corpo está adaptado para recolher e armazenar recursos florais (Imperatriz-Fonseca et al., 2012) e são os únicos animais capazes de consumir todos os recursos florais disponíveis (Torezan-Silingardi, 2012). As abelhas oligoléticas visitam um grupo restrito de plantas ou apenas um tipo de planta, sendo altamente especializadas e fazendo a polinização com grande eficiência (Schlindwein, 2004; Imperatriz-Fonseca et al., 2012). Nenhuma espécie de abelha encontrada na localidade deste estudo é classificada como oligolética, o que é provavelmente causado pela ausência de plantas polinizadas por estas abelhas na área de estudo (Schlindwein, 2004). Isto também pode explicar o motivo da especialização ser menor nas redes combinadas com abelhas. Um maior valor de especialização em redes que apresentam formigas também pode ser explicado pela presença de espécies periféricas, mas o valor obtido foi inferior ao obtido para as redes de interação formigas-plantas observadas noutros estudos (Guimarães et al., 2006; Junker et al., 2013).

As redes não foram altamente especializadas, apesar da especialização ser uma das estratégias adotadas pelos organismos envolvidos na visitação floral para diminuir a competição (Junker et al., 2013); outra estratégia que podem adotar é a de realizar visitas em momentos diferentes (Tschoeke et al., 2015) ou a exploração de recurso diverso em horários em que a visitação de um recurso está aumentada. A semelhança da composição da comunidade de visitantes florais e da comunidade de plantas visitadas entre os períodos da manhã e da tarde pode ser considerada elevada, principalmente entre a comunidade de plantas, indicando possivelmente que estas não são estratégias fortes encontradas nesta comunidade. No entanto, houve diferenças entre as redes da manhã e da tarde e essas diferenças podem ser maiores de acordo com a dimensão da comunidade, a área de estudo e a discrepância temporal entre nichos (Díaz-Castelazo et al., 2013; Dáttilo et al., 2014). A diferença que mais se destaca é a mudança dos organismos das espécies centrais quando se comparam os períodos.

A nível da comunidade, as espécies centrais da rede durante todo o dia são quatro espécies de abelhas e duas espécies de formigas; embora a maior presença de abelhas nesta posição já fosse esperada, é importante ressaltar a biologia e o comportamento destes animais para compreender as características importantes da comunidade e do local do estudo. No período da manhã, houve uma maior presença de abelhas como espécies centrais; à tarde, a frequência das visitas das formigas aumenta, adicionando mais uma espécie de formiga ao grupo de espécies centrais. *Apis mellifera*, uma abelha generalista, com um tamanho médio de 11-13 mm, que tem uma elevada eficiência de forragens e polinização, possui uma área de forrageamento muito grande para um artrópode (Beekman & Ratnieks, 2001; Costa et al., 2015). Ela foi observada como a espécie com o maior número de visitas, sendo uma das principais espécies-chave da comunidade estudada. Apesar de ser uma espécie importante na rede, ligada a várias espécies vegetais, esta abelha é uma espécie exótica, o que tem sido apontado como um risco para a conservação de espécies nativas (Paini, 2004; Russo et al., 2021). O gênero *Plebeia* tem duas espécies apontadas como espécies centrais. O gênero pertence à tribo Meliponini de abelhas sem ferrão e inclui espécies nativas do Brasil. As abelhas do gênero são pequenas, com um tamanho médio de 3-4 mm, generalistas e responsáveis pela polinização de várias plantas nativas (Pick & Blochtein, 2002; Wittmann, 2008). *Trigona spinipes* foi também considerada uma espécie-chave de abelha. É também da tribo Meliponini, medindo aproximadamente 7 mm, uma polinizadora nativa capaz de polinizar várias espécies de

plantas, super-generalista e associada a uma melhor produção de frutos (Chalegre et al., 2020; Tschoeke et al., 2015). Destacando as espécies centrais de formigas, *Camponotus crassus* pertence à subfamília Formicidae e é uma espécie que mede 20 mm e não tem glândula metapleurale, sendo incapaz de produzir substâncias nocivas para o pólen (Del-Claro et al., 2019). Ela é uma forrageira dominante na vegetação e explora recursos que não provêm apenas das flores (Lange et al., 2019) e já foi associado à polinização efetiva (De Vega et al., 2014; Del-Claro et al., 2019). Finalmente, *Wasmannia auropunctata* é uma formiga da subfamília Myrmicinae, a menor das espécies-chave, medindo 1,5 mm, é invasiva, normalmente encontrada em áreas urbanas, frequentemente envolvida em casos de impacto ambiental e pode ter importância médica (Azevedo et al., 2022; Gruber et al., 2022). Não existem estudos que relacionem esta espécie com a polinização, ademais, ela compete com polinizadores efetivos, uma vez que recruta massivamente para dominar os recursos (Azevedo et al., 2022). As vespas tiveram interações ocasionais com flores e não foram frequentemente observadas (exceto para *Angiopolybia* sp.1), tendo uma maior presença como espécie periférica (Díaz-Castelazo et al., 2010; Lange & Del-Claro, 2014); por conseguinte, nenhuma espécie de vespa foi considerada uma espécie central nas redes de todos os grupos. Em quase todas as outras redes, o núcleo de espécies permaneceu o mesmo, exceto nas redes de vespas e formigas, que apresentaram uma vespa como uma espécie chave. *Angiopolybia* é um dos gêneros de Polistinae e apresenta representantes nativos do Brasil; este gênero é abundante nas áreas de floresta atlântica e, apesar das adaptações ao hábito necrófago, consome outros recursos (Lima et al., 2010; Togni et al., 2014), como observado neste estudo.

Para além das espécies centrais dos visitantes florais, as espécies centrais das plantas visitadas também nos revelam características importantes desta comunidade. Nas redes comunitárias e nas redes de formigas e abelhas, as espécies principais de plantas eram as mesmas, não variando de acordo com o período do dia. Nas redes de abelhas e vespas, a composição era muito semelhante à da rede geral, com exceção de uma espécie de planta das espécies centrais - *Clerodendrum X speciosum*. Contudo, para as redes de vespas e formigas, a composição era diferente da rede comunitária e havia diferenças entre as plantas mais visitadas, de acordo com a hora do dia. Apenas nas redes com abelhas, *Stiffia chrysantha* e *Callistemon viminalis* fizeram parte do núcleo da espécie, indicando uma maior interação das abelhas com estas espécies vegetais. *S. chrysantha* é uma árvore nativa, que pode atingir 5 metros de altura, tem inflorescência de flores tubulares, apresenta tonalidades de laranja e é mais frequentemente polinizada por colibris, enquanto raramente por abelhas (Nishida et al., 2014; Lorenzi, 2020; Gobatto et al. 2021). *C. viminalis* é uma espécie exótica, uma das várias árvores melíferas polinizadas por abelhas; atinge até 7 metros de altura, tem inflorescência terminal, pendente e em forma de espiga e flores de numerosos estames vermelhos (Latif et al., 2016; Lorenzi, 2018; Gualpa-Calva et al., 2019). No caso do *Clerodendrum X speciosum*, trata-se de uma espécie central apenas em redes com formigas. É um arbusto lenhoso, um híbrido de espécies exóticas, com inflorescência em racemos terminais e flores vermelhas cujas espécies do gênero são comumente polinizadas por abelhas; formigas herbívoras, pilhadores e formigas tratadoras já foram associadas a estas plantas (Carver et al, 2003; Rohitash & Jai, 2010; Lorenzi, 2015; Groutsch et al., 2018; Mukhopadhyay & Quader, 2018). É importante notar que nas redes de vespas e formigas havia uma menor quantidade de plantas entre as espécies centrais e também uma planta que não foi espécie central de nenhuma outra rede: *Cordia superba*. Esta árvore nativa pode atingir até 10 metros de altura, tem grandes flores brancas, é polinizada por pequenos insetos e abelhas e não é invulgarmente visitada por pilhadores de néctar (Agostini & Sazima, 2003; Vale et al., 2013; Silva & Rossa-Feres, 2016; Lopes et al., 2015; Lorenzi, 2020; Gobatto et al. 2021). Uma das plantas estava na espécie central de todas as redes comunitárias, indicando que se trata de uma planta bem visitada pelos três organismos: *Antigonon*

*leptopus*, uma trepadeira semi-herbácea do México com inflorescência de muitas flores duráveis em cores rosa ou branco (Lorenzi, 2015); é uma espécie de flor visitada frequentemente por abelhas, decentemente por vespas e raramente por formigas (Raju et al. 2001; Lorenzi, 2015; Gobatto et al. 2021; Lima et al, 2021).

Estudos sobre redes de polinizadores de plantas nos trópicos têm sido realizados mais frequentemente em florestas do que em habitats abertos, com a amostragem concentrada numa única estação (Vizentin-Bugoni et al., 2018). Contudo, o desmatamento nos trópicos criou uma proporção crescente de habitats abertos (por exemplo, no domínio da floresta atlântica) (Hirota, 2003) e é crucial avaliar a informação sobre as interações ecológicas neste tipo de habitat, agora predominante na maioria das paisagens. A perda de áreas verdes pode ter impacto na riqueza e abundância das comunidades de visitantes florais nas cidades, o que pode comprometer a biodiversidade e a riqueza funcional dessa comunidade (Spiesman & Inouye, 2013; Geslin et al., 2016). Os ambientes verdes podem ser críticos para a preservação de espécies florais-visitantes em áreas urbanas (Smith, 2006; Larson et al., 2014; Twerd & Banaszak-Cibicka, 2019; Twerd et al., 2021), o que demonstra que mesmo pequenas áreas verdes são importantes para a conservação de insetos. No entanto, os administradores urbanos deveriam idealmente planejar a criação de parques urbanos que apoiem, atraiam e mantenham visitantes florais e tenham uma grande cobertura vegetal e uma grande variedade de espécies vegetais, de preferência com morfologias diferentes (Garbuzov & Ratnieks, 2014; Banaszak-Cibicka et al., 2016; Hall et al., 2017). Neste contexto, os jardins botânicos destacam-se como uma boa ferramenta para a conservação das comunidades florais-visitantes, uma vez que servem de corredores ecológicos, abrigo e sítios de forragens (Hall et al., 2017; Maruyama et al., 2019; Marín et al., 2020; Gobatto et al. 2021). O nosso estudo apoia que um jardim botânico pode sustentar uma comunidade diversificada de Hymenoptera florais num ambiente urbano (Ito et al., 2001; Mazzeo & Torretta, 2014; Marinho & Vivallo, 2020), sendo um instrumento importante para a conservação da biodiversidade (Hall et al., 2017; Maruyama et al., 2019; Marín et al., 2020; Gobatto et al. 2021). Quando se trata de jardins botânicos em áreas de Mata Atlântica, especialmente no estado do Rio de Janeiro, é claro que os nossos resultados corroboram outros estudos já realizados, pois o jardim botânico estudado apoia claramente uma comunidade diversificada de Hymenoptera, cuja composição, que inclui muitas espécies polinizadoras, é muito semelhante às comunidades observadas por outros investigadores (Pimentel & Rangel, 2017; Santos et al., 2017; Silva et al., 2018; Marinho e Vivallo, 2020; Gobatto et al., 2021). Estando próximo de uma área de fragmentos florestais, o Jardim Botânico estudado tem potencial para ser um corredor ecológico, bem como o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (Gobatto et al., 2021). No entanto, é necessário trabalho futuro para provar que este parque urbano é efectivamente um corredor ecológico.

#### **4 CONCLUSÃO**

Do acima exposto, o presente estudo pôde contribuir mostrando que existe uma relação entre o número e a frequência das interações florais das formigas e a temperatura ambiente, o que é uma informação relevante frente às mudanças ambientais enfrentadas globalmente. Ademais, contribuiu para reforçar os dados sobre os padrões de rede das comunidades de visitantes florais; apresentando uma abordagem vanguardista, ao avaliar redes e nichos de uma comunidade com mais de dois grupos taxonômicos distintos. Além disso, destacou a importância dos jardins botânicos para a manutenção das comunidades de himenópteros visitantes florais em ambientes urbanos.



## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEDOJA, O.A.; KEHINDE, T.; SAMWAYS, M.J. Insect-flower interaction networks vary among endemic pollinator taxa over an elevation gradient. **PLoS One**, n. 13, 2018.
- AGOSTINI, K. & SAZIMA, M. **Plantas ornamentais e seus recursos para abelhas no campus da Universidade Estadual de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil**. Bragantia: 2003.
- ANJOS, D.; DÁTILLO, W.; DEL-CLARO, K. Unmasking the architecture of ant – diaspore networks in the Brazilian Savanna. **PLoS One**, n. 13, p. 1–17, 2018.
- AUAD, A.M.; FONSECA, M.G. **A entomologia no cenário das mudanças climáticas**. In W. Bettiol; E. Hamada; F. Angelotti; A. M. Auad & R. Ghini (Eds.), **Aquecimento global e problemas fitossanitários** (pp 93-115). Brasília: Embrapa, 2017.
- AZEVEDO, F.; GOMES V.S.R.; COUTINHO, R.L.M.; PHILIPPSSEN, A.S. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) em uma paisagem suburbana no noroeste do estado do Paraná, Brasil. **Arquivos do Mudi**, n. 26, 2022.
- BANASZAK-CIBICKA, W.; RATYŃSKA, H.; DYLEWSKI, Ł. Features of urban green space favorable for large and diverse bee populations (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). **Urban For Urban Green**, n. 20, p. 448–452, 2016.
- BARBOSA, B.C.; PASCHOALINI, M.; MACIEL, T.T.; PREZOTO, F. Visitantes florais e seus padrões temporais de atividade em flores de *Dombeya wallichii* (Lindl.) K. Schum (Malvaceae). **Entomotropica**, n. 31, p. 131–136, 2016.
- BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; MELIÁN, C.J.; OLESEN, J.M. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, n. 100, p. 9383–9387, 2003.
- BEEKMAN, M. & RATNIEKS, F.L.W. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. **Functional Ecology**, n. 14, p. 490-496, 2001.
- BLÜTHGEN, N.; MENZEL, F.; BLÜTHGEN, N. Measuring specialization in species interaction networks. **BMC Ecology**, n. 6, 2006.
- BLÜTHGEN, N.; MENZEL, F.; HOVESTADT, T.; FIALA, B.; BLÜTHGEN, N. Specialization, Constraints, and Conflicting Interests in Mutualistic Networks. **Current Biology**, n. 17, p. 341-346, 2007.
- BLÜTHGEN, N. & KLEIN, A.M. Functional complementarity and specialization: The role of biodiversity in plant-pollinator interactions. **Basic and Applied Ecology**, n. 12, p. 282–291, 2011.
- BLÜTHGEN, N. **Interações plantas-animais e importância funcional da biodiversidade**. In: K. Del-Claro & H.M. Torezan-Silingardi (Eds.), *Ecologia das Interações Plantas-Animais* (pp 259-272). Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2012.
- BRITO, E.L.S.; SÁ, C.A.; SANTOS, G.M.M.S. Body Size and Its Relation to the Foraging Schedules of Social Wasps. **Neotropical Entomology**, n. 49, p. 668–676, 2020.
- BROCK, R.E.; CINI, A.; SUMMER, S. Ecosystem services provided by aculeate wasps. **Biological Reviews**, n. 96, p. 1645–1675, 2021.
- BRODMANN, J.; TWELE, R.; FRANCKE, W.; HÖLZLER, G.; ZHANG, Q.; AYASSE, M. Orchids Mimic Green-Leaf Volatiles to Attract Prey-Hunting Wasps for Pollination. **Current Biology**, n. 18, p. 740–744, 2008.
- CAMPOS-NAVARRETE, M.J.; PARRA-TABLA, V.; RAMOS-ZAPATA, J.; DÍAZ-CASTELAZO, C.; REYES-NOVELO, E. Structure of plant–Hymenoptera networks in two coastal shrub sites in Mexico. **Arthropod-Plant Interactions**, n. 7, p. 607–617, 2013.
- CARVALHO, D.M.; PRESLEY, S.J.; SANTOS, G.M.M. Niche overlap and network specialization of flower-visiting bees in an agricultural system. **Neotropical Entomology**, n. 43, p. 489–499, 2014.

CARVER, M.; BLÜTHGEN, N.; GRIMSHAW, J.F. Aphis clerodendri Matsumura (Hemiptera: Aphididae), attendant ants (Hymenoptera: Formicidae) and associates on Clerodendrum (Verbenaceae) in Australia. **Australian Journal of Entomology**, n. 42, p. 109-113, 2003.

CHALEGRE, S.L.; DOMINGOS-MELO, A.; DE LIMA, C.T.; GIULIETTI, A.M.; MACHADO, I. C. Nymphaea pulchella (Nymphaeaceae) and Trigona spinipes (Apidae) interaction: From florivory to effective pollination in ponds surrounded by pasture. **Aquatic Botany**, n. 166, p. 103267, 2020.

CHAMBERLAIN, S.A.; KILPATRICK, J.R.; HOLLAND, J.N. Do extrafloral nectar resources, species abundances, and body sizes contribute to the structure of ant–plant mutualistic networks? **Oecologia**, n. 164, p. 741–750, 2010.

CHEN, G. & SUN, W. The role of botanical gardens in scientific research, conservation, and citizen science. **Plant Diversity**, n. 40, p. 181–188, 2018.

CLASSEN, A.; PETERS, M.K.; KINDEKETA, J.; APPELHANS, T.; EARDLEY, C.D.; GIKUNGU, M.W.; HEMP, A.; NAUSS, T.; STEFFAN-DEWENTER, I. Temperature versus resource constraints: which factors determine bee diversity on Mount Kilimanjaro, Tanzania? **Global Ecology and Biogeography**, n. 24, p. 642-652, 2015.

CLASSEN, A.; EARDLEY, C.D.; HEMP, A.; PETERS, M.K.; PETERS, R.S.; SSYMANK, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. Specialization of plant–pollinator interactions increases with temperature at Mt. Kilimanjaro. **Ecology and Evolution**, n. 10, p. 2182–2195, 2020.

CLEMENTE, M.A.; LANGE, D.; DEL-CLARO, K.; PREZOTO, F.; CAMPOS, N.R.; BARBOSA, B.C. Flower-Visiting Social Wasps and Plants Interaction: Network Pattern and Environmental Complexity. **Psyche**, n. 10, 2012.

COSTA, S.N.; ALVES, R.M.O.; CARVALHO, C.A.L.; CONCEIÇÃO, P.J. Fontes de pólen utilizadas por Apis mellifera Latreille na região semiárida. **Ciência Animal Brasileira**, n. 16, 2015.

CYSNEIROS, V.C.; PEREIRA-MOURA, M.V.L.; PAULA, E.P.; BRAZ, D.M. Arboreal Eudicotyledons, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Botanical Garden, state of Rio de Janeiro, Brazil. **Check List**, n. 7, p. 001–006, 2011.

DÁTTILO, W.; GUIMARÃES, P.R.; IZZO, T.J. Spatial structure of ant-plant mutualistic networks. **Oikos**, n. 122, p. 1643–1648, 2013a.

DÁTTILO, W.; RICO-GRAY, V.; RODRIGUES D.J.; IZZO, T.J. Soil and vegetation features determine the nested pattern of ant–plant networks in a tropical rainforest. **Ecological Entomology**, n. 38, p. 374-380, 2013b.

DÁTTILO, W.; FAGUNDES, R.; GURKA, C.A.Q.; SILVA, M.S.A; VIEIRA, M.C.L.; IZZO, T.J.; DÍAZ-CASTELAZO, C.; DEL-CLARO, K.; RICO-GRAY, V. Individual-based ant-plant networks: Diurnal-nocturnal structure and species-area relationship. **PLoS One**, n. 9, 2014a.

DÁTTILO, W.; DÍAZ-CASTELAZO, C; RICO-GRAY, V. Ant dominance hierarchy determines the nested pattern in ant–plant networks. **Biological Journal**, n. 113, p. 405-414, 2014b.

DÁTTILO, W. & RICO-GRAY, V. **Ecological Networks in the Tropics**. Springer International Publishing, 2018.

DE MARCO, J.R.P. & COELHO, F.M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, n. 13, p. 1245–1255, 2014.

DE VEGA, C.; HERRERA, C.M.; DÖTTERL, S. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics Floral volatiles play a key role in specialized ant pollination. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, n. 16, p. 32–42, 2014.

DEHLING, D.M. **The Structure of Ecological Networks**. In W. Dáttilo & V. Rico-Gray (Eds.), **Ecological Networks in the Tropics** (pp. 29-42). Springer International Publishing, 2018.

DELAPLANE, K.S.; MAYER, D.F. **Crop Pollination by Bees**. Cambridge: CABI Publishing, 2000.

DEL-CLARO, K.; LANGE, D.; TOREZAN-SILINGARDI, H.M.; ANJOS, D.V.; CALIXTO, E.S.; DÁTILLO, W.; RICO-GRAY, V. **The Complex Ant – Plant Relationship Within Tropical Ecological Networks**. In: W. Dáttilo & V. Rico-Gray (Eds.), **Ecological Networks in the Tropics** (pp. 59–71). Springer International Publishing, 2018.

DEL-CLARO, K.; RODRIGUEZ-MORALES, D.; CALIXTO, E.S.; MARTINS, A.S.; TOREZAN-SILINGARDI, H.M. Ant pollination of *Paepalanthus lundii* (Eriocaulaceae) in Brazilian savanna. **Annals of Botany**, n. 123, p. 1159–1165, 2019.

DÍAZ-CASTELAZO, C; GUIMARÃES JR., P.R.; JORDANO, P.; JOHN, P.; THOMPSON, N.; MARQUIS, R.J.; RICO-GRAY, V. Changes of a mutualistic network over time: reanalysis over a 10-year period. **Ecology**, n. 91, p. 793–801, 2010.

DÍAZ-CASTELAZO, C; SÁNCHEZ-GALVAN, I.; GUIMARÃES JR., P.R.; RAIMUNDO, R.L.G.; RICO-GRAY, V. Long-term temporal variation in the organization of an ant – plant network. **Annals of Botany**, n. 111, p. 1285–1293, 2013.

EBELING, A.; KLEIN, A.; TSCHARNTKE, T. Plant – flower visitor interaction webs: Temporal stability and pollinator specialization increases along an experimental plant diversity gradient. **Basic and Applied Ecology**, n. 12, p. 300–309, 2011.

FEDERMAN, R.; CARMEL, Y.; KENT, R. Irrigation as an important factor in species distribution models. **Basic and Applied Ecology**, n. 14, p. 651–658, 2013.

FELLERS, J.H. Daily and seasonal activity in woodland ants. **Oecologia**, n. 78, p. 69–76, 1989.

FORTUNA, M.A.; STOUFFER, D.B.; OLESEN, J.M., JORDANO, P.; MOUILLOT, D.; KRASNOV, B.R.; POULIN, R.; BASCOMPTE, J. Nestedness versus modularity in ecological networks: Two sides of the same coin? **Journal of Animal Ecology**, n. 79, p. 811–817, 2010.

GARBUZOV, M. & RATNIEKS, F.L.W. Quantifying variation among garden plants in attractiveness to bees and other flower-visiting insects. **Functional Ecology**, n. 28, p. 364–374, 2014.

GESLIN, B.; LE FÉON, V.; FOLSCHWEILLER, M.; FLACHER, F.; CARMIGNAC, D.; MOTARD, E.; PERRET, S.; DAJOZ, I. The proportion of impervious surfaces at the landscape scale structures wild bee assemblages in a densely populated region. **Ecology and Evolution**, n. 6, p. 6599–6615, 2016.

GIANNINI, T.C.; GARIBALDI, L.A.; ACOSTA, A.L.; SILVA, J.S.; MAIA, K.P.; SARAIVA, A.M.; GUIMARÃES JR., P.R.; KLEINERT, A.M.P. Native and Non-Native Supergeneralist Bee Species Have Different Effects on Plant-Bee Networks. **PLoS One**, n. 10, 2015.

GOBATTO, A.A.; CHAGAS, L.S.; PEREIRA, R.S. É o arboreto do Jardim Botânico do Rio de Janeiro hotspot urbano para os polinizadores? **Biodiversidade**, n. 20, p. 2–31, 2021.

GONZÁLVEZ, F.G.; SANTAMARÍA, L.; CORLETT, R.T.; RODRÍGUEZ-GIRONÉS, M.A. Flowers attract weaver ants that deter less effective pollinators. **Journal of Ecology**, n. 101, p. 78–85, 2013.

GRASS, I.; ALBRECHT, J.; JAUKER, F.; DIEKÖTTERDE, T.; WARZECHAD, D.; WOLTERSD, V.; FARWIGB, N. Agriculture, Ecosystems and Environment Much more than bees — Wildflower plantings support highly diverse flower-visitor communities from complex to structurally simple agricultural landscapes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 225, p. 45–53, 2016.

GROUTSCH, J.K.; MILLER, N.C.; TUIWAWA M.; HAYES, S.; STEVENS, M.I.; SCHWARZ, M.P. Not all exotic pollinator introductions are bad: an introduced buzz-pollinating bee *Amegilla pulchra* (Hymenoptera: Apidae) in Fiji indicates little potential for enhancing the spread of weeds. **Austral Entomology**, n. 58, p. 533-539, 2018.

GRUBER, M.A.M.; SANTORO, D.; COOLING, M.; LESTER, P.J.; HOFFMANN, B.D.; BOSER, C.; LACH, L. A global review of socioeconomic and environmental impacts of ants reveals new insights for risk assessment. **Ecological Applications**, n. 32, 2022.

GUALLPA-CALVA, M.A; GUILCAPI-PACHECO, E.D.; ESPINOZA-ESPINOZA, A.E. Flora apícola de la zona estepa espinosa Montano Bajo, en la Estación Experimental Tunshi, Riobamba, Ecuador. **Dominio de las Ciencias**, n. 5, p. 71-93, 2019.

GUIMARÃES, P.R.; RICO-GRAY, V.; REIS, S.F.; THOMPSON, J.N. Asymmetries in specialization in ant–plant mutualistic networks. **Proceedings of the Royal Society B**, n. 273, p. 2041–2047, 2006.

GUIMARÃES, P.R. & GUIMARÃES, P. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. **Environmental Modelling & Software**, n. 21, p. 1512–1513, 2006.

GUIMERÀ, R. & AMARAL, L.A.N. Cartography of complex networks: Modules and universal roles. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, n. 02001, p. 1–13, 2005.

HALL, D.M. et al. The city as a refuge for insect pollinators. **Conservation Biology**, n. 31, p. 24–29, 2017.

HEINRICH, B. **The Hot-Blooded Insects**. Heidelberg: Springer Berlin, 1993.

HIROTA, M.M. **Monitoring the brazilian Atlantic forest cover**. In: C. Galindo-Leal and I.G. Câmara (Eds.), **The Atlantic Forest of South América: biodiversity status, threats, and outlook** (pp. 60-65). Washington: Island Press, 2003.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. **The Ants**. Cambridge: Harvard University Press, 1990.

HOFMANN, M.M.; FLEISCHMANN, A.; RENNER, S.S. Changes in the bee fauna of a German botanical garden between 1997 and 2017, attributable to climate warming, not other parameters. **Oecologia**, n. 187, p. 701–706, 2018.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Edusp, 2012.

ITO, F. et al. Ant Species Diversity in the Bogor Botanic Garden, West Java, Indonesia, with Descriptions of Two New Species of the Genus *Leptanilla* (Hymenoptera, Formicidae). **J-STAGE**, n. 10, p. 379-404, 2001.

JUNKER, R.R.; BLÜTHGEN, N.; BREHM, T.; BINKENSTEIN, J.; PAULUS, J.; SCHAEFER, H.M.; STANG, M. Specialization on traits as basis for the niche-breadth of flower visitors and as structuring mechanism of ecological networks. **Functional Ecology**, n. 27, p. 329-341, 2013.

KLEIN, A.M.; VAISSIÈRE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B**, n. 274, p. 303–313, 2007.

KÖPPEN, W. **Climatología: Con un estudio de los climas de la tierra**. (Es) Traducido del alemán. México, D.F: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KOVAC, H.; STABENTHEINER, A.; BRODSCHNEIDER, R. What do foraging wasps optimize in a variable environment, energy investment or body temperature? **Journal of Comparative Physiology A**, n. 201, p. 1043–1052, 2015.

LANGE, D.; DÁTTILO, W.; DEL-CLARO, K. Influence of extrafloral nectary phenology on ant–plant mutualistic networks in a neotropical savanna. **Ecological Entomology**, n. 38, p. 463-469, 2013.

LANGE, D. & DEL-CLARO, K. Ant-Plant Interaction in a Tropical Savanna: May the Network Structure Vary over Time and Influence on the Outcomes of Associations? **PLoS One**, n. 9, 2014.

LANGE, D.; CALIXTO, E.S.; ROSA, B.B.; SALES, T.A.; DEL-CLARO, K. Natural history and ecology of foraging of the *Camponotus crassus* Mayr, 1862 (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Natural History**, n. 53, p. 1737–1749, 2019.

LARSON, J.L.; KESHEIMER, A.J; POTTER, D.A. Pollinator assemblages on dandelions and white clover in urban and suburban lawns. **Journal of Insect Conservation**, n. 18, p. 863–873, 2014.

LATIF, A.; IQBAL, N.; EJAZ, M.; MALIK, S.A.; SAEED, S.; GULSHAN, A.B.; ALVI, A.M.; DAD, K. Pollination biology of *Callistemon viminalis* (Sol. Ex Gaertn.) G. Don (Myrtaceae), Punjab, Pakistan. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, n. 19, p. 467-471, 2016.

LAVISKI, B.F.S.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; NUNES-FREITAS, A.F. Structure of ant-diaspore networks and their functional outcomes in a Brazilian Atlantic Forest. **Sociobiology**, n. 68, 2021.

LIMA, A.C.O.L.; CASTILHO-NOLL, M.S.M.; GOMES, B.; NOLL, F.B. Social Wasp Diversity (Vespidae, Polistinae) in a Forest Fragment in the Northeast of São Paulo State Sampled with Different Methodologies. **Sociobiology**, n. 55, p. 613–625, 2010.

LIMA, Y.F.; MELQUIADES, C.C.V.; SILVA, E.M.S. Diversidade e Comportamento de Abelhas na Florada de *Antigonon leptopus* HOOK. & ARN. (Polygonaceae) em Região Semiárida. **HOLOS**, n. 8, p. 1-13, 2021.

LOPES, T.N.; VERÇOZA, F.C.; MISSAGIA, C.C.C. Fenologia reprodutiva e visitantes florais de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) na vegetação da restinga de Grumari, Rio de Janeiro. **Revista de Biologia Neotropical**, n. 12, p. 39-43, 2015.

LORENZI, H. **Plantas para jardim no Brasil: herbáceas, arbustivas e trepadeiras**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2015.

LORENZI, H. **Árvores e arvoretas exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de estudos de flora, 2018.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Jardim Botânico Plantarum, 2020.

LOYOLA, R.D.; MARTINS, R.P. (2006). Trap-nest occupation by solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in a forest urban remnant. **Neotropical Entomology**, n. 35, 2006.

LUNA, P.; VILLALOBOS, R.; ESCOBAR, R.; NEVES, F.S.; DÁTTILO, W. Global trends in the trophic specialisation of flower-visitor networks are explained by current and historical climate. **Ecology Letters**, n. 25, p. 113-124, 2021.

MARÍN, L.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, M.E.; SAGOT, P.; NAVARRETE, D.; MORALES, H. Floral visitors in urban gardens and natural areas: Diversity and interaction networks in a neotropical landscape. **Basic and Applied Ecology**, n. 43, p. 3–15, 2020.

MARINHO, D.; VIVALLO, F. Unveiling the trap-nesting bees and wasps' fauna (Hymenoptera: Apocrita) and associated organisms of the Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, n. 60, 2020.

MARUYAMA, P.K.; BONIZÁRIO, C.; MARCON, A.P., et al. Plant-hummingbird interaction networks in urban areas: Generalization and the importance of trees with specialized flowers as a nectar resource for pollinator conservation. **Biological Conservation**, n. 230, p. 187–194, 2019.

MAURI, M.; ELLI, T.; CAVIGLIA, G.; UBOLDI, G.; AZZI, M. **RAWGraphs: A Visualisation Platform to Create Open Outputs**. In: **Proceedings of the 12th Biannual Conference on Italian SIGCHI Chapter**, 2017, Nova Iorque. Nova Iorque: ACM, 2017. p. 28:1–28:5

MAZZEO, N.M.; TORRETTA, J.P. Wild bees (Hymenoptera: Apoidea) in an urban botanical garden in Buenos Aires, Argentina. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, n. 50, p. 182-193, 2014

MELLO, M.A.R.; SANTOS, G.M. DE M.; MECI, M.R.; HERMES, M.G. High generalization in flower-visiting networks of social wasps. **Acta Oecologica**, n. 37, p. 37–42, 2011.

MELLO, M.A.R.; MUYLAERT, R.L.; PINHEIRO, R.B.P.; FERREIRA, G.M.F. **Guia para análise de redes ecológicas**. Especialização (pp 74-46). Belo Horizonte, 2016.

MUKHOPADHYAY, A.; QUADER, S. Ants on *Clerodendrum infortunatum*: Disentangling Effects of Larceny and Herbivory. **Environmental Entomology**, n. 47, p. 1143–1151, 2018.

NAGASAKI, O. Functional specialization for pollination by scoliid wasps and solitary bees of *Ampelopsis glandulosa* (Vitaceae). **Flora**, n. 284, p. 151921, 2021.

NISHIDA, S. M.; NAIDE, S.S.; PAGNIN, D. **Plantas que atraem aves e outros bichos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

NOGUEIRA, R.R.; SANTOS, D.F.B.; CALIXTO, E.S.; TOREZAN-SILINGARDI, H.M.; DEL-CLARO, K. Negative Effects of Ant-Plant Interaction on Pollination: Costs of a Mutualism. **Sociobiology**, n. 68, 2021.

OLESEN, J.M.; BASCOMPTE, J.; DUPONT, Y.L.; JORDANO, P. The modularity of pollination networks. **PNAS**, n. 104, p. 19891–19896, 2007.

OLIVEIRA, F.L.; DIAS, V.H.P.; COSTA, E.M. Influência das variações climáticas na atividade de vôo das abelhas jandairas *Melipona subnitida* Ducke (Meliponinae). **Revista Ciência Agronômica**, n. 43, 2012.

OLIVEIRA JR., J.F.; DELGADO, R.C.; GOIS, G.; LANNES, A.; DIAS, F.O.; SOUZA, J.C.; SOUZA, M. Análise da Precipitação e sua Relação com Sistemas Meteorológicos em Seropédica, Rio de Janeiro. **FLORAM**, n. 21, p. 140-149, 2014.

PAAIJMANS, K.P.; HEINIG, R.L.; SELIGA, R.A.; BLANFORD, J.I.; BLANFORD, S.; MURDOCK, C.C.; THOMAS, M.B. Temperature variation makes ectotherms more sensitive to climate change. **Global Change Biology**, n. 19, p. 2373–2380, 2013.

PAINI, D.R. Impact of the introduced honey bee (*Apis mellifera*) (Hymenoptera : Apidae) on native bees: A review. **Austral Ecology**, n. 29, p. 399–407, 2004.

PETANIDOU, T.; KALLIMANIS, A.S.; LAZARINA, M. et al. Climate drives plant–pollinator interactions even along small-scale climate gradients: the case of the Aegean. **Plant Biology**, n. 20, p. 176-183, 2017.

PICK, R.A.; BLOCHTEIN, B. Atividades de vôo de *Plebeia saiqui* (Holmberg) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) durante o período de postura da rainha e em diapausa. **Revista Brasileira de Zoologia**, n. 19, p. 827 - 839, 2002.

PIMENTEL, R.G.; RANGEL, G.C. Biologia Floral de duas espécies de *Dombeya* (Malvaceae) no Jardim Botânico da UFRRJ. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, n. 09, p. 77-85, 2017.

QUEIROZ, Antônio C.M. et al. Ant diversity decreases during the dry season: A meta-analysis of the effects of seasonality on ant richness and abundance. **BioTropica**, n. 00, p. 1-11, 2022.

R CORE TEAM (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

RAJU, A.J.S.; RAJU, V.K.; VICTOR, P.; NAIDU, S.A. Floral ecology, breeding system and pollination in *Antigonon leptopus* L. (Polygonaceae). **Plant Species Biology**, n. 16, p. 159-164, 2001.

RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P.S. **The Ecology and Evolution of Ant-Plant Interactions**. Chicago: University of Chicago Press, 2007.

RICO-GRAY, V.; DÍAZ-CASTELAZO, C.; RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, A.; GUIMARÃES JR., P.R.; HOLLAND, J.N. Abiotic factors shape temporal variation in the structure of an ant – plant network. **Arthropod-Plant Interactions**, n. 6, p. 289–295, 2012.

ROHITASH & JAI, R. K. Reproductive biology of *Clerodendrum splendens* (Verbenaceae). **Advances in Bio Research**, n. 1, p. 84-86, 2010.

RUSSO, L.; KEYZER, C.W.; HARMON-THREATT, A.N.; LECROY, K.A.; MACLVOR, J.S. The managed-to-invasive species continuum in social and solitary bees and impacts on native bee conservation. **Current Opinion in Insect Science**, n. 46, p. 43-49, 2021.

SAKAGAMI, S.F.; LAROCA, S.; MOURE, J.S. Wild Bee Biocoenotics in Sao Jose dos Pinhais ( PR ). **Journal of the Faculty of Science**, n. 16, p. 235–291, 1967.

SANTOS, G.M.M.; DÁTILLO, W.; PRESLEY, S.J. The seasonal dynamic of ant-flower networks in a semi-arid tropical environment. **Ecological Entomology**, n. 39, 2014

- SANTOS, M.N.; DELABIE, J.H.C.; QUEIROZ, J.M. **Parques Urbanos na Conservação da Diversidade de Formigas: Estudo de Caso no Rio de Janeiro**. In: O.C. Bueno, A.E.C. M.S.C. Campos, Morini (Eds.), **Formigas em ambientes urbanos no Brasil** (pp. 337-361). Bauru: Canal 6 editora, 2017.
- SCHLINDWEIN, C. **Are oligolectic bees always the most effective pollinators?** In: B. M. Freitas & J. O. P. Pereira (Eds.), **Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination** (pp. 231–240). Fortaleza: Imprensa Universitária - Universidade Federal do Ceará, 2004.
- SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A.; ALMEIDA, E. A. **Abelhas brasileiras: Sistemática e Identificação**. Belo Horizonte: Fundação Araucária, 2002.
- SILVA, F.R.; ROSSA-FERES, D.C. Fragmentation gradients differentially affect the species range distributions of four taxonomic groups in semi-deciduous Atlantic forest. **Biotropica**, n. 49, p. 283-292, 2016.
- SILVA, A.F.; CARVALHO, Y.C.; COSTA, S.J.M. Fauna de Formigas (Hymenoptera, Formicidae) em um fragmento de Floresta Atlântica no Estado de Minas Gerais. *Rev. Bras. Zoociências*, n. 19, p. 44-55, 2018.
- SIMÕES, D.; GOBBI, N.; BATARCE, B.R. Mudanças sazonais na estrutura populacional em colônias de 3 espécies do gênero *Mischocyttarus*. **Naturalia**, n. 10, p. 89–105, 1985.
- SMITH, R.M.; THOMPSON, K.; HODGSON, J.G.; WARREN, P.H.; GASTON, K.J. Urban domestic gardens (IX): Composition and richness of the vascular plant flora, and implications for native biodiversity. **Biological Conservation**, n. 129, p. 312–322, 2006.
- SPIESMAN, B.J.; INOUE, B.D. Habitat loss alters the architecture of plant-pollinator interaction networks. **Ecology**, n. 94, p. 2688–2696, 2013.
- TOGNI, O.C.; LOCHER, G.D.A.; GIANNOTTI, E.; TOBIAS, O. The Social Wasp Community (Hymenoptera, Vespidae) in an Area of Atlantic Forest, Ubatuba, Brazil. **Check List**, n. 10, p. 10–17, 2014.
- TOREZAN-SILINGARDI, H.M. **Flores e animais: uma introdução à história natural da polinização**. In K. Del-Claro & H.M. Torezan-Silingardi (Eds.), **Ecologia das Interações Plantas-Animais** (pp 111-139). Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2012.
- TSCHOEKE, P.H.; OLIVEIRA, E.E.; DALCIN, M.S.; SILVEIRA-TSCHOEKE, M.C.A.C.; SANTOS, G.R. Diversity and flower-visiting rates of bee species as potential pollinators of melon (*Cucumis melo* L.) in the Brazilian Cerrado. **Scientia Horticulturae**, n. 186, p. 207–216, 2015.
- TWERD, L.; BANASZAK-CIBICKA, W. Wastelands: their attractiveness and importance for preserving the diversity of wild bees in urban areas. **Journal of Insect Conservation**, n. 23, p. 573–588, 2019.
- TWERD, L.; BANASZAK-CIBICKA, W.; SOBIERAJ-BETLIŃSKA, A.; WALDON-RUDZIONEK, B.; HOFFMANN, R. Contributions of phenological groups of wild bees as an indicator of food availability in urban wastelands. **Ecological Indicators**, n. 126, 2021.
- VALE, V.S.; SCHIAVINI, I.; LOPES, S.F.; OLIVEIRA, A.P.; DIAS NETO, O.C.; GUSSON, A.E. Functional groups in a semideciduous seasonal forest in Southeastern Brazil. **Biotemas**, n. 26, p. 45-58, 2013.
- VILA-VERDE, G.; DOS SANTOS, C.R.; BOMFIM, G.S. Insetos (Insecta: Hymenoptera, Lepidoptera e Odonata) e as Mudanças Climáticas. **Terræ Di-datica**, n. 17, 1-11, 2021.
- VILLAMIL, N.; BOEGE, K.; STONE, G.N. Ant-Pollinator Conflict Results in Pollinator Deterrence but no Nectar. **Frontiers in Plant Science**, n. 9, p. 1–14, 2018.
- VIZENTIN-BUGONI, J.; MARUYAMA, P. K.; SOUZA, C. S., et al. **Plant-Pollinator Networks in the Tropics: A Review**. In W. Dáttilo & V. Rico-Gray (Eds.), **Ecological Networks in the Tropics** (pp. 29-42). Springer International Publishing, 2018.

- WANG, Y.; DEANGELIS, D.L.; NATHANIEL HOLLAND, J. Dynamics of an ant-plant-pollinator model. **Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation**, n. 20, p. 950–964, 2015.
- WATTS, S.; DORMANN, C.F.; MARTÍN GONZÁLEZ, A.M.; OLLERTON J. The influence of floral traits on specialization and modularity of plant-pollinator networks in a biodiversity hotspot in the Peruvian Andes. **Annals of Botany**, n. 118, p. 415–429, 2016.
- WINKLER, K.; WÄCKERS, F.L.; KAUFMAN, L.V.; LARRAZA, V.; VAN LENTEREN, J.C. Nectar exploitation by herbivores and their parasitoids is a function of flower species and relative humidity. **Biological Control**, n. 50, p. 299–306, 2009.
- WITTMANN, D. Nest Architecture, Nest Site Preferences and Distribution of *Plebeia wittmanni* (Moure & Camargo, 1989) in Rio Grande do Sul, Brazil (Apidae: Meliponinae). **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, n. 24, p. 17-23, 2008.