

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

INTERAÇÕES ENTRE DIÁSPOROS E FORMIGAS EM FLORESTA SECUNDÁRIA
NA ILHA DE MARAMBAIA - MANGARATIBA / RJ, BRASIL

Bianca Ferreira da Silva

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**INTERAÇÕES ENTRE DIÁSPOROS E FORMIGAS EM FLORESTA
SECUNDÁRIA NA ILHA DE MARAMBAIA - MANGARATIBA / RJ,
BRASIL**

BIANCA FERREIRA DA SILVA

Sob orientação do Professor
André Felipe Nunes-Freitas

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Conservação em Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2014

582.05226

Silva, Bianca Ferreira da, 1990-

S586i

Interações entre diásporos e formigas em floresta secundária na Ilha de Marambaia – Mangaratiba/RJ, Brasil / Bianca Ferreira da Silva – 2014.

T

82 f.: il.

Orientador: André Felipe Nunes-Freitas.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Bibliografia: f. 59-61.

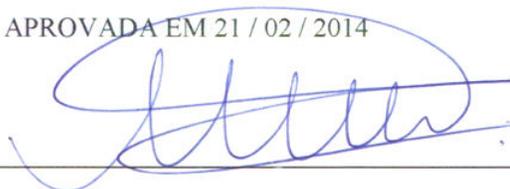
1. Formiga – Mata Atlântica – Teses. 2. Sementes – Dispersão – Mata Atlântica – Teses. 3. Árvores – Mudanças - Mata Atlântica – Teses. 4. Fertilização de plantas - Mata Atlântica – Teses. I. Nunes-Freitas, André Felipe, 1972-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

BIANCA FERREIRA DA SILVA

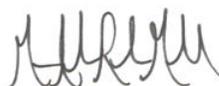
Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 21 / 02 / 2014



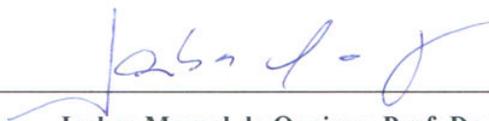
André Felipe Nunes-Freitas. Prof. Dr. UFRRJ

(Orientador)



Marco Aurélio Ribeiro Mello. Prof. Dr. UFMG

(Membro)



Jarbas Marçal de Queiroz. Prof. Dr. UFRRJ

(Membro)

“Há um vilarejo ali
Onde areja um vento bom
Na varanda, quem descansa
Vê o horizonte deitar no chão

Pra acalmar o coração
Lá o mundo tem razão
Terra de heróis, lares de mãe
Paraiso se mudou para lá

[...]”

Vilarejo –Marisa Monte



AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser essa força invisível a guiar meus passos e me orientar frente ao que acho correto.

À minha família pela compreensão, ajuda nos momentos que precisei e por, mesmo sem entender direito o que eu fazia, sempre me dar força.

À Sérgio e Gabriel, obrigada pelas piadinhas que sempre me fazem rir. À Monica, obrigada por sempre me escutar, resolver meus problemas e ainda ler meus textos para ver se entendia alguma coisa (rs!). À Bel por cuidar dessa menina linda e fofa que é a Yasmin.

À Yasmin, coisinha linda que faz a tia rir e chorar! Agora sim, acabou e a tia pode brincar um dia inteirinho com você! ^^

À minha mãe, por todas as preocupações sofridas. Pelo cuidado e zelo (em excesso). Mas mãe, devo confessar, as coisas só pioram.

Ao meu querido orientador que aguenta todos os meus ataques de nervosismo e ansiedade e ainda consegue me fazer rir e relaxar! Obrigada pelos ensinamentos, pelas conversas e por ser tão calmo e compreensivo.

À Thereza Christina, por sempre se preocupar como estou e como estou me alimentando, para depois tirar minhas energias com uma penca de correções (rs). Obrigada pela revisão e por todas as sugestões que você se dispõe a fazer e que, apesar do trabalho, contribuem enormemente.

Ao Professor Antonio-Mayhé, pela enorme colaboração com as formigas. Por me mostrar como é trabalhar com esses seres pelos quais muitos passam despercebidos, mas que ocupam todos os cantos e realizam diversas tarefas. Obrigada pela ajuda, por todas as dicas de campo e contribuições, Mayhé!

À Thiago Amorim, à Kelly Silva-Gonçalves e à Letícia Maria pela ajuda enorme com as identificações das espécies dos frutos. Obrigada por estarem sempre dispostos a ajudar e a dividir o conhecimento enorme que vocês possuem. Admiro muito vocês!

À banca por aceitar o convite para participar da defesa e pelas contribuições que serão dadas. Obrigado por contribuírem com o conhecimento de vocês!

Ao Professor Marco Mello, por ter ensinado um pouco do que sabe sobre redes ecológicas, me possibilitando conhecer esse lado fantástico das análises. Obrigada, Marco! Você é um excelente professor.

À CAPES, pela bolsa concedida, que possibilitou que o trabalho fosse realizado.

À Marambaia, esse lugar indescritível, surgindo atrás de outras ilhas enquanto a barca se aproximava. Lugar de histórias mal assombradas, fantasmas e tesouros perdidos. Mas lugar onde descobri o quanto escolhi certo a profissão que tenho. Por suas matas, praias, pássaros, macacos e formigas, claro!

À Marinha do Brasil e ao Centro de Avaliação da Ilha da Marambaia (CADIM) pelo apoio logístico oferecido durante o período de pesquisa.

Aos soldados, cabos, recrutas, marinheiros, fuzileiros, sargentos e sub-oficiais (e todos os outros cargos que nunca sei o nome) pela companhia nos muitos momentos de campo, pelas conversas, pelo cuidado médico e até ajuda no campo! Em especial ao SG Jaris, SG Fábio, SG Almeida, Igor Sloboda, Fellippe Brás, Flaviano Nills, Maycon Lopes e Arthur Beija-Flor.

Ao Igor Sloboda por todos lanches gostosos que me trazia quando eu entrava na Marambaia. Obrigada por alimentar uma pessoa esfomeada!

Ao Prof. Roberto de Xerez, por ser sempre gentil e atencioso e aceitar tantos pedidos de entrada na Marambaia fora do prazo. rs.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia Florestal e Biologia Vegetal (LEFBV) nesses dois anos, Aline Dias, Arthur Couto, Danilo Braga, Isabela, Fernanda Lima, Juan Resende, Kelly Christina, Maila Aguiar, Polyana Alves, Rafael Boechat, Thiago Amorim, pela convivência, amizade e sempre se mostrarem dispostos a ajudar.

À todos que me ajudaram em campo ao longo desses mais de dois anos de idas e vindas à Marambaia. Obrigada Danilo Braga, Arthur Couto, Danilo Reis, Rafael Boechat, Tiago Cupollilo, Tiago Freitas, Lilian Brito, Viviane Lameirão, Nadjara Corrêa, Luciene Oliveira. E desculpa se esqueci alguém, foram muitos campos e muita gente.

Não, não te esqueci. Claro, tenho que agradecer especialmente àquele que esteve nesse último ano quase sempre presente e que acabaria minha dissertação se algo acontecesse comigo (rsrs). Obrigada, Igor Azevedo! Por agüentar minhas reclamações, por sofrer comigo com as picadas de mosquitos e mordidas de carrapatos, por subir em todas as árvores, por sacrificar seus finais de semana com seu sobrinho e ainda fazer isso tudo sem reclam... Epa! Isso não.

A todos meus amigos, por me escutarem, apoiarem e oferecerem o ombro para eu chorar quando os momentos de desespero entravam em cena. Obrigada especialmente à Lilian Brito por estar sempre presente e se mostrar sempre disposta a ajudar mesmo com tantas coisas para fazer. Obrigada também a Viviane Lameirão, Igor Azevedo, os “nems” Ícaro Monteiro e Diego Penedo, Luciene Oliveira, Danilo Braga e Suelen Guedes.

Aos amigos com quem dividi casa e problemas e mais problemas (rs) nesses dois últimos anos: Danilo Braga, André Lemos, Pedro Souza, Mayara Pessoa, Karla Baldini, Patrícia Tavares e Lúcia Helena.

Ao Danilo Braga, que foi meu irmão mais velho durante tanto tempo. Obrigada por me apresentar à Marambaia. Pelas comidas em casa, pelas conversas sérias e as bobas, pelas ajudas e pela companhia *full time*. Apareça!!!

Foram muitos momentos difíceis, muitas dificuldades, mas também muitos momentos de risada e descontração. Momentos de aprendizado e momentos de achar que não tinha aprendido nada. Obrigada a todos que participaram desses momentos comigo!

RESUMO

Silva, Bianca Ferreira da. **Interações entre diásporos e formigas em floresta secundária na Ilha da Marambaia - Mangaratiba / RJ, Brasil**. 2014. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

Entre os diversos táxons que interagem entre si, formigas e angiospermas possuem uma longa história evolutiva conjunta, iniciada desde o período Cretáceo, e que atualmente incluem desde relações antagonistas até relações mutualistas. Interações entre formigas e diásporos resultam em diversos benefícios para as plantas, como a dispersão de suas sementes. Nosso objetivo foi identificar quais as espécies de formigas interagem com as espécies de diásporos existentes em um trecho de floresta secundária, na Ilha da Marambaia, RJ. Além de identificar os participantes da rede de interações, procuramos determinar a influência de fatores, como a quantidade de recursos disponíveis na área de estudo e as variáveis climáticas sobre o total de interações (capítulo 1). Selecionamos quatro espécies de diásporos com o objetivo de determinar quantos são removidos, o sítio final de deposição e a distância de remoção desses diásporos (capítulo 2). Registramos 675 interações entre 43 espécies de formigas e 22 espécies de plantas. As espécies *Pheidole* sp4, *Pheidole radoszkowskii* e *Wasmannia auropunctata* foram mais comuns nas interações. Entre as plantas, *Guarea guidonia* e *Miconia prasina* recebem a maior quantidade de interações. As variáveis abióticas, como luz e temperatura, não alteram o número de interações. A disponibilidade de recursos no ambiente também não influencia, mas a riqueza de diásporos disponibilizados leva a maiores quantidades de registros de interações. As espécies de plantas possuem, em sua maioria, taxas consideráveis de remoção após cair no solo. Contudo, as distâncias carregadas por formigas foram pequenas, alcançando no máximo quatro metros e o destino final de deposição dos diásporos foram os ninhos, geralmente. As formigas exercem um papel importante na etapa de reprodução das plantas. A rápida remoção dos diásporos ou a limpeza deles diminui as chances de ataque por patógenos, favorecendo à germinação. Mesmo as pequenas distâncias removidas por formigas são suficientes para retirar os diásporos de zonas de grande predação e alta competição. A deposição dos frutos nos ninhos pode ser determinada como dispersão direta, já que algumas espécies germinam em áreas mais próximas a ninhos do que em áreas adjacentes, sem ninhos. As áreas de ninhos possuem características diferenciadas como a penetrabilidade do solo e quantidade de nutrientes disponíveis no solo, favorecendo o crescimento de plântulas nessas áreas. As formigas são, desta forma, possíveis agentes de um processo de dispersão e a sua grande abundância nos solos das florestas pode levar a acreditar na força que essas espécies exercem sobre as espécies de diásporos em ambientes florestais.

Palavras-chave: interação formiga-fruto, remoção de sementes, dispersão secundária e Mata Atlântica.

ABSTRACT

Silva, Bianca Ferreira da. **Interactions between diaspores and ants at secondary forest in Ilha da Marambaia - Mangaratiba / RJ, Brasil.** 2014. 73p. Dissertation (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

Among the various taxa interacting, ants and angiosperms have a long evolutionary history together, starting from the Cretaceous period, which currently range from antagonistic to mutualistic relationships. Interactions between ants and diaspores (plant disperser unit) result in many benefits for the plants, and the dispersal of its seeds. Our goal was to identify which species of ants interact with the species of diaspores in secondary forest on Ilha da Marambaia, RJ. In addition to identifying the participants of the network of interactions, we sought to determine the influence of factors such as the amount of available resources in the study area and climatic variables on total interactions (Chapter 1). We selected four species of diaspores in order to determine how many are removed, the final site of deposition and removal distance of these diaspores (Chapter 2). We recorded 675 interactions between 43 ant species and 22 plant species. *Pheidole* sp4, *Pheidole radoszkowskii* and *Wasmannia auropunctata* were more common species in interactions. Among the plants, *Guarea guidonia* and *Miconia prasina* receive the greatest amount of interaction. The abiotic variables, such as light and temperature, do not change the number of interactions. The availability of resources in the environment does not influence, but the wealth of available propagules leads to larger amounts of records of interactions. The species show, mostly, considerable removal rates after falling on the ground. However, the distances carried by ants were short, reaching a maximum of four meters and the final destination of deposition of diaspores were the nests, usually. Ants play an important role in plant breeding stage. Rapid removal of the seeds or cleaning them reduces the chances of attack by pathogens, favoring germination. Even shortremoved distances by ants are sufficient to deprive the diaspores of large areas of high predation and competition. The deposition of the fruits in the nests can be determined as a direct scattering, since some species germinate more near nests than in adjacent areas without them. The nesting areas have different characteristics, such as soil penetrability and amount of available nutrients in soil, favoring the growth of seedlings in these areas. Ants are thus possible agents of a dispersion process and its abundance in forest soils may lead to believe in the strength that these species have on the species of diaspores in forest environments.

Keywords: ant-fruit interaction, seeds remotion, secondary dispersion and rainforest.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies de formigas registradas em interações com diásporos na Ilha da Marambaia, RJ. A coluna “Subfamília / Espécie” apresenta as espécies e sua classificação quanto as subfamílias; a coluna “Guilda” classifica as espécies em onívoras, carnívoras ou cultivadoras de fungos; e a coluna “Nº de diásporos utilizados” disponibiliza o número total de espécies de diásporos utilizados pela espécie de formiga.....19

Tabela 2 - Espécies de diásporos explorados por formigas na Ilha da Marambaia, RJ. A coluna “Família / Espécie” apresenta as espécies de plantas e sua classificação quanto as famílias; a coluna “Tipo” classifica os frutos em secos e carnosos; a coluna “Nº de interações” fornece o número total de interações observadas durante o estudo; e a coluna “Espécies de formigas” apresenta o código das formigas encontradas interagindo com as espécies de plantas (ver código na Tabela 1).....20

Tabela 3 - Assimetria de dependência entre espécies de formigas (linhas) e espécies de diásporos (colunas). Os dados são resultado das diferenças entre as dependências da espécies de formigas e plantas em relação ao outro sobre o maior valor de dependência observado. Os valores se enquadram entre 0 e 1 (continua.).....31

Tabela 4 - Valores da força de interação e do índice Interaction push-pull para as espécies de formigas e de plantas interagindo em trecho de floresta secundária, na Ilha da Marambaia, RJ. A força de interação é o resultado da soma das dependências e o índice interaction push-pull resulta valores entre -1 e 1, com os vértices sendo mais “empurrados” ou “puxando” outros dentro da rede (continua).33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da Ilha da Marambaia no Estado do Rio de Janeiro (retirado de Kneip & Oliveira 2005).....	7
Figura 2- Vista geral da Ilha da Marambaia, com visão do Pico da Marambaia, ao centro.	7
Figura 3- Vistas parciais das duas trilhas onde foi desenvolvido o trabalho, em Ilha da Marambaia, RJ. A. Trilha sem denominação, com cerca de 250 m de extensão. B. Trilha da Gruta, com cerca de 700 m de extensão.	8
Figura 4 - Frequência de registros das subfamílias de Formicidae nas interações com plantas, na Ilha da Marambaia, RJ.	22
Figura 5 - Frequência de registros das espécies de formigas nas interações com plantas, na Ilha da Marambaia, RJ.....	23
Figura 6 - Frequência de registros das famílias botânicas nas interações com espécies de formigas, na Ilha da Marambaia, RJ.	23
Figura 7 - Frequência de registros de espécies de plantas nas interações com espécies de formigas, na Ilha da Marambaia, RJ.	24
Figura 8: Número de registros de interações entre formigas e plantas ao longo do período compreendido entre janeiro de 2012 a junho de 2013 (em barras) e o índice de frutos disponíveis em solo (em porcentagem) durante o mesmo período (linha e pontos), em trecho de floresta secundária na Ilha da Marambaia, RJ.	25
Figura 9: Número de registros de interações entre formigas e plantas ao longo do período compreendido entre janeiro de 2012 a junho de 2013 (em barras) e o número de espécies de diásporos frutificando durante o mesmo período (linha e pontos), em trecho de floresta secundária na Ilha da Marambaia, RJ.....	26
Figura 10 - Relação entre o total de espécies de diásporos disponibilizadas mensalmente e o total de interações entre formigas e diásporos registradas no mês, durante o período de janeiro de 2012 a junho de 2013, em Ilha da Marambaia, RJ ($p = 0.00$).	26
Figura 11 - Ordenação dos meses chuvosos (verde) e secos (azul) segundo as espécies de formigas registradas em interações com diásporos no solo em trecho de floresta secundária, em Ilha da Marambaia, RJ.....	27
Figura 12 - Grafo de interações entre espécies de formigas (círculos amarelos) e espécies de plantas (triângulos verdes). O grafo não apresenta compartimentos e há caminhos possíveis entre todos os vértices da rede. Espécies mais centrais apresentam maior número de interações e mantém a estrutura da rede.	30
Figura 13 - Grafo do uso de diásporos pelas espécies de formigas em trecho de floresta secundária, em Ilha da Marambaia, RJ. As espécies de formigas se conectam caso compartilhem um, ou mais,	

diásporo. As espécies de formigas onívoras estão representadas por círculos, as espécies carnívoras por losangos e as cultivadoras de fungos por triângulos. Os módulos encontrados ($M = 0,10$; $p = 0,00$) apresentam colorações distintas. O maior módulo, em verde, inclui as cultivadoras de fungos e o menor, em amarelo, as espécies carnívoras.	35
Figura 14 - Espécies de diásporos utilizados nos experimentos de remoção por formigas. A. Frutos de <i>Miconia calvescens</i> ; B. Frutos de <i>Miconia prasina</i> ; C. Frutos de <i>Psychotria leiocarpa</i> ; D. Sementes de <i>Inga edulis</i> , com formigas interagindo em sua superfície.	51
Figura 15- Frequência de diásporos das quatro espécies vegetais estudadas (<i>Miconia prasina</i> , <i>Miconia calvescens</i> , <i>Psychotria leiocarpa</i> e <i>Inga edulis</i>) removidos em trecho de floresta secundária, na Ilha da Marambaia, RJ. Em preto hachurado estão as frequências de remoções nas primeiras 12 h e, em cinza, as frequências das demais 12 h, até completar 24 h.	53
Figura 16- Relação entre comprimento do diásporo (cm) e frequência de diásporos removidos. O aumento do tamanho do diásporo não leva a redução do número de remoções pelas formigas ($p = 0,17$).	54
Figura 17- Distância média de remoção (em cm) pelas formigas dos diásporos de três espécies vegetais (<i>Miconia prasina</i> , <i>Miconia calvescens</i> e <i>Inga edulis</i>), na Ilha da Marambaia, RJ. Não foram observadas remoções dos diásporos da espécie <i>Psychotria leiocarpa</i>	54
Figura 18 - Relação entre comprimento do diásporo (cm) e distância média de remoção (cm) pelas formigas. Não há relação entre o tamanho do diásporo e a distância a qual as formigas podem levá-lo ($p = 0,63$).	55
Figura 19- Número de remoções de diásporos observadas em três espécies vegetais (<i>Miconia prasina</i> , <i>Miconia calvescens</i> e <i>Inga edulis</i>) e o destino para o qual os diásporos foram levados (ninho = barra preta hachurada; serapilheira = barra cinza)	55

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
SUMÁRIO	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3. ÁREA DE ESTUDO	5
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
5. CAPÍTULO 1.....	12
5.1. INTRODUÇÃO.....	13
5.2. MATERIAL E MÉTODOS:	15
5.2.1. Área de estudo	15
5.2.2. Registro das interações entre formigas e diásporos	15
5.2.3. Disponibilidade de diásporos e fatores abióticos:.....	16
5.2.4. Análises estatísticas	16
5.2.5. Análise das redes ecológicas	17
5.3. RESULTADOS	19
5.4. DISCUSSÃO.....	36
5.5. CONCLUSÕES.....	40
5.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
6. CAPÍTULO 2.....	47
6.1. INTRODUÇÃO.....	48

6.2.	MATERIAL E MÉTODOS	50
6.2.1.	Área de estudo	50
6.2.2.	Espécies vegetais estudadas	50
6.2.3.	Taxa de remoção dos diásporos	51
6.2.4.	Destino e distância de remoção dos diásporos.....	51
6.3.	RESULTADOS	53
6.4.	DISCUSSÃO.....	56
6.5.	CONCLUSÕES.....	58
6.6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
7.	CONCLUSÕES GERAIS.....	62
8.	ANEXO	63

1. INTRODUÇÃO GERAL

Interações entre Angiospermas e formigas existem, provavelmente, desde o início da evolução das Angiospermas, no período Cretáceo (BEATTIE, 1985; HÖLLDOBLER E WILSON, 1990; RICO-GRAY E OLIVEIRA, 2007). O surgimento das Angiospermas, com o tecido de suas folhas e flores, expandiu os recursos disponíveis, levando, por conseguinte, a evolução de diversas guildas de insetos herbívoros e polinizadores (GRIMALDI, 1999; RICO-GRAY E OLIVEIRA, 2007). Durante a diversificação das formigas, estas desenvolveram adaptações tróficas que deram origem a guildas alimentares baseadas nos novos recursos providos pelas Angiospermas (RICO-GRAY E OLIVEIRA, 2007).

Formigas e Angiospermas interagem de diversos modos, desde parasitismos e herbivoria a comensalismos e mutualismos (BEATTIE, 1985). Mutualismos entre esses grupos apresentam as mais elaboradas adaptações conhecidas (HÖLLDOBLER E WILSON, 1990), que vão do uso da planta como refúgio até a proteção desta pelas formigas. O néctar presente em flores serve como atrativo para vários animais, incluindo formigas, fazendo com que atuem no processo de polinização. Isso também ocorre com diferentes estruturas de frutos e/ou sementes, tais como a polpa e o arilo (RICO-GRAY E OLIVEIRA, 2007), que funcionam como atrativos que facilitam a dispersão.

Formigas são agentes dispersores fortuitos (HÖLLDOBLER E WILSON, 1990), que buscam nas sementes tecidos nutritivos, como os elaiossomos. As sementes com essa estrutura são chamadas mirmecocóricas, pois são reconhecidamente adaptadas a dispersão por formigas (BEATTIE, 1985). O elaiossomo é retirado e a semente é descartada, ainda viável, nas galerias dos formigueiros ou na entrada destes (BEATTIE, 1985). Em florestas tropicais, plantas com essas estruturas não são comuns, mas sementes com arilo ou polpa carnosa, que são consideradas não-mirmecocóricas, também atraem formigas que acabam realizando a sua dispersão (PIZO E OLIVEIRA, 2000; RICO-GRAY E OLIVEIRA, 2007).

A dispersão permite a chegada de diásporos, unidade dispersora da planta, em locais distantes da planta-mãe, aumentando assim as chances de sobrevivência das plântulas, diminuindo a competição intra-específica e permitindo a ampliação da distribuição da espécie (HOWE E SMALLWOOD, 1982). Além de conferir essas vantagens, na dispersão por formigas, os diásporos são depositados em locais que se mostram favoráveis ao estabelecimento de algumas espécies de plântulas, como a lixeira dos ninhos (LEAL, 2003). A atuação das formigas, além de ampliar o sucesso reprodutivo, modifica a estrutura espacial criada na dispersão primária, alterando a distribuição das sementes (LEAL, 2003).

Partindo da premissa de que formigas são capazes de interagir com diásporos de diferentes espécies, podendo realizar a dispersão, que levará a alterações na dinâmica da comunidade vegetal, os objetivos deste trabalho são:

(1) Registrar as interações entre formigas e diásporos em um trecho de floresta secundária na Ilha da Marambaia (RJ), avaliando se a disponibilidade e as características morfológicas dos frutos, além de variáveis abióticas (temperatura, umidade e precipitação) afetam o número e a composição das interações ao longo do tempo (capítulo I).

(2) Determinar as taxas de remoção por formigas, distância de dispersão e destino dos diásporos das espécies arbóreas *Psychotria leiocarpa*, *Miconia calvescens*, *Miconia prasina* e *Inga edulis* em trecho de floresta secundária, avaliando se as características morfológicas dos frutos afetam as taxas de remoção (capítulo II).

2. REVISÃO DE LITERATURA

A dispersão permite que diásporos escapem da morte pela alta competição existente devido a grande densidade de propágulos próximos à planta-mãe, o chamado modelo de Janzen-Connell (JANZEN, 1970; CONNELL, 1971), aumentando o sucesso reprodutivo. Além disso, a dispersão favorece a colonização de novas áreas, permitindo assim a ampliação da distribuição geográfica da planta e suas mudanças espaciais e temporais. Possui ainda a vantagem de encontro de sítios favoráveis ao estabelecimento e desenvolvimento de plântulas, chamada de hipótese da dispersão direta. As vantagens não são excludentes e, podem-se apresentar ao mesmo tempo nas plantas (HOWE E SMALLWOOD, 1982; WENNY, 2001).

Entre as diferentes síndromes de dispersão, a zoocoria é a mais frequente em florestas tropicais (HOWE E SMALLWOOD, 1982; MORELLATO E LEITÃO-FILHO, 1992), o que indica a importância dos animais na dispersão. Os frutos zoocóricos apresentam estruturas atrativas aos animais, permitindo que estes se alimentem (VAN DER PIJL, 1982). Dentre os tipos de dispersão zoocórica está a mirmecocoria, na qual os diásporos possuem elaiossomo, um apêndice rico em lipídios e reconhecidamente adaptado para a dispersão por formigas. A maior parte dos casos registrados de mirmecocoria ocorre em florestas temperadas decíduas na América do Norte, no bioma Fynbos na África do Sul e na zona árida da Austrália (HÖLLDOBLER E WILSON, 1990). A mirmecocoria é pouco estudada na América do Sul e os poucos trabalhos relatam a ocorrência, em geral, em alguns gêneros da família Euphorbiaceae, como *Croton* (LÔBO *et al*, 2011; PASSOS E FERREIRA, 1996), *Jatropha* (LEAL *et al*, 2007) e *Mabea* (PETERNELLI *et al*, 2009).

Formigas também interagem com espécies não-mirmecocóricas, apesar de não serem adaptadas primariamente para a dispersão por formigas, inúmeras plantas são removidas pelo grupo (CHRISTIANINI *et al*, 2007; ESCOBAR-RAMÍREZ *et al*, 2012; GUIMARÃES-JR E COGNI, 2002; LEAL E OLIVEIRA, 1998; PASSOS E OLIVEIRA, 2004; PIZO, 2008; PIZO E OLIVEIRA, 1998). Passos e Oliveira (2003) encontraram mais de 500 interações ao longo de dois anos de estudo em uma floresta de restinga no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, em São Paulo. As interações envolveram 44 espécies botânicas, distribuídas em 26 famílias. Em outro trabalho, em Floresta Atlântica, Pizo (2008) encontrou 901 sementes de 20 morfoespécies de plantas em 50 ninhos de *Pheidole praeses*.

Entre as espécies botânicas envolvidas nas interações, Passos e Oliveira (2003) encontraram 23 famílias interagindo com formigas em floresta de restinga, sendo Myrtaceae e Rubiaceae as famílias com mais espécies envolvidas. Contudo, Myrtaceae, Clusiaceae, Bromeliaceae e Lauraceae possuíam maior número de interações. Já Pizo e Oliveira (2000) encontraram 30 famílias em floresta atlântica. Sendo Myrtaceae, Araceae, Euphorbiaceae e Moraceae as que possuíam a maior quantidade de espécies envolvidas e Myrtaceae, Euphorbiaceae, Myristicaceae, Olacaceae e Meliaceae, as que possuíam o maior número de interações. Em trabalho mais recente, Christianini *et al* (2012) encontrou 26 famílias de plantas, em três fisionomias do Bioma Cerrado – Mata de galeria, campo e cerrado *sensu stricto*. A fisionomia de Cerrado *sensu stricto* foi a que mais apresentou espécies de plantas interagindo e com um maior número de espécies de formigas. A planta com maior número de espécies de formigas diferentes interagindo foi *Xylopia aromática*, uma espécie arbórea, com diásporos carnosos, da família Annonaceae.

Com o grande número de interações existentes entre plantas e formigas, há uma provável influência destas na distribuição das espécies vegetais. Nos últimos anos, alguns trabalhos buscam compreender que padrões e processos podem explicar o papel das formigas

na estruturação e na dinâmica florestal. Hoje, já se conhece alguns fatores que são capazes de influenciar a composição das interações. Entre esses, encontram-se o tamanho do diásporo e o tamanho da formiga (PIZO E OLIVEIRA, 2001), a composição química do diásporo e a guilda de forrageio das formigas (CHRISTIANINI *et al*, 2012; PIZO E OLIVEIRA, 2001), a abundância do recurso (FARNESE *et al*, 2011; VÁZQUEZ *et al*, 2007) e o hábito da planta (GILADI, 2006).

O tamanho do diásporo é um fator chave para a interação formiga-planta, já que influencia a remoção destes pelas formigas. Estas carregam facilmente diásporos pequenos e médios, mas não são capazes de carregar diásporos muito grandes ou pesados a longas distâncias (PIZO E OLIVEIRA, 2001). Espécies maiores de formigas são capazes de remover diásporos mais pesados do que pequenas espécies. Espécies grandes de Ponerinae, como *Pachycondyla striata* e *Odontomachus chelifer*, foram capazes de remover diásporos de tamanho pequeno e médio, enquanto que diminutas Myrmicinae só foram capazes de remover os de pequeno tamanho (PIZO E OLIVEIRA, 2001).

Apesar das formigas não conseguirem carregar diásporos grandes, elas podem interagir com eles apenas limpando-os no local onde o encontram, removendo pedaços de polpa ou arilo (CHRISTIANINI *et al*, 2012; PIZO E OLIVEIRA, 2001). Essa limpeza do diásporo realizada pelas formigas impede o ataque de fungos e facilita a germinação da semente (LEAL E OLIVEIRA, 1998; PIZO E OLIVEIRA, 1998). Em um teste de germinação com diásporos de *Cupania vernalis* com arilo (não limpos por formigas) e sem arilo (limpos por formigas), somente as sementes limpas germinaram (GUIMARÃES-JR E COGNI, 2002). Desta forma, mesmo sem deslocamento do diásporo, a interação com formigas apresenta-se vantajosa.

A composição química é outro fator de relevante importância nas interações entre formigas e diásporos. Pizo e Oliveira (2001) avaliaram a composição química dos diásporos e encontraram composição similar de lipídios entre os arilos de *Virola*, *Cabralea* e *Alchornea* com o elaiossomo de *Ricinus communis*. Os lipídios são importantes recursos alimentares para as formigas, sendo constituintes fisiológicos destas (BEATTIE, 1985). Assim, em geral, diásporos com elevada quantidade de lipídios tendem a ter taxas de recrutamento e número de formigas recrutadas maiores do que diásporos pobres em lipídios (PIZO E OLIVEIRA 2001), o que mostra a importância do conteúdo lipídico de diásporos não-mirmecocóricos sobre o comportamento de forrageio das formigas (PIZO E OLIVEIRA, 2001). Ao contrário dos diásporos ricos em lipídios, que são preferidos e mais utilizados por formigas carnívoras (CHRISTIANINI *et al*, 2012; PIZO E OLIVEIRA, 2001), aqueles ricos em carboidratos e água são utilizados pela guilda de formigas cultivadoras de fungos (CHRISTIANINI *et al*, 2012). A água contida no arilo e na polpa destes diásporos é um substrato importante para o desenvolvimento do fungo nas colônias das formigas (CHRISTIANINI *et al*, 2012).

Outro fator que pode apresentar influência sobre as interações é a abundância dos diásporos (FARNESE *et al*, 2011). A abundância das espécies seria a explicação para o grande número de interações em que estão envolvidas, dado que estas espécies possuem mais chances de participar de interações (VÁZQUEZ *et al*, 2007). Testando essa hipótese na dispersão de sementes por formigas, verificou-se uma menor influência da abundância sobre as remoções em comparação ao tipo de diásporo (com ou sem polpa), em uma área de Cerrado (FARNESE *et al*, 2011).

Além desses fatores, o hábito da planta também é capaz de influenciar os parceiros envolvidos nas interações. O fato está relacionado com a zona de alta competição existente próximo aos parentais das plântulas. A dispersão favorece o escape dessa área de conflito, sendo mais vantajosa quanto maior for a distância entre o diásporo e a planta mãe (HOWE E

SMALLWOOD, 1982; WENNY, 2001). Plantas de maior porte, como árvores e arbustos possuem uma zona de conflito maior do que plantas menores, como as herbáceas (GILADI, 2006). Desta forma, como formigas removem diásporos a curtas distâncias quando comparadas com vertebrados, acredita-se que as herbáceas, por seu menor tamanho, sejam evolutivamente favorecidas para a dispersão por formigas (GILADI, 2006). Essa hipótese de distância da dispersão e sua relação com forma de vida da planta foi suportada em 13 dos 17 trabalhos avaliados na revisão feita por Giladi (2006).

As distâncias de remoção promovidas por formigas são, em geral, pequenas (PASSOS E OLIVEIRA, 2003). A espécie *Clusia criuva*, uma árvore comum de floresta de planície arenosa, na costa sudeste do Brasil, foi removida por duas espécies de Ponerinae, com distâncias médias de remoção de $1,50 \pm 2,15$ m e $2,33 \pm 1,33$ m para cada uma das formigas (PASSOS E OLIVEIRA, 2004). São registradas algumas distâncias de dispersão bem elevadas, como 13 m para espécies de grandes Ponerinae (PASSOS E OLIVEIRA, 2003). Diásporos de *Stryphnodendron adstringens* foram carregados por uma distância máxima de 25,4 m (CHRISTIANINI *et al*, 2007) e diásporos de *Miconia ferruginata* a 45,2 m por *Atta sexdens rubropilosa* (LIMA *et al*, 2012). Existe uma grande variação nas distâncias de dispersão realizadas por formigas. Por exemplo, um estudo realizado com sete espécies de plantas, as distâncias variaram de 0,1 a 25,4 m, havendo relação negativa entre a distância de remoção e a massa dos diásporos (CHRISTIANINI *et al*, 2007).

O destino dos diásporos, em geral, é o ninho das formigas (PASSOS E OLIVEIRA 2003, 2004). Contudo, as sementes podem ser abandonadas, ou perdidas, antes de alcançarem os formigueiros (BEATTIE, 1985). Nos ninhos, os diásporos podem ser danificados, configurando predação, ou apenas limpos e depositados nas lixeiras, que podem ser internas ou externas (CHRISTIANINI E OLIVEIRA, 2010; FARJI-BRENER E MEDINA, 2000). O solo dos formigueiros possui maiores quantidades de nutrientes, favorecendo a germinação dos diásporos que são descartados intactos (PASSOS E OLIVEIRA, 2002).

Interações com formigas podem afetar evolutivamente as características dos diásporos, ao permitir que estes sejam dispersos, modificando também a distribuição espacial das espécies de plantas. Assim, conhecer a identidade dos atores envolvidos nessas interações e os fatores que favorecem essa relação tem importância ecológica direta e pode gerar informações para o manejo de áreas, considerando-se que formigas são um importante grupo taxonômico presente em diferentes biomas e áreas antropizadas.

3. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em um trecho de floresta secundária localizado na Ilha da Marambaia (23° 02' S; 43° 35' O) (Figura 1), localizada na Costa Verde do Rio de Janeiro, na Baía de Sepetiba. A área corresponde a uma porção de terra alargada, de cerca de 6 km, que se liga ao continente por uma faixa estreita de areia. A face norte da ilha está voltada para a Baía de Sepetiba, enquanto a porção sul é banhada pelo Oceano Atlântico (CONDE *et al*, 2005).

A Ilha da Marambaia possui diferentes formações vegetais, entre formações herbáceas, arbustivas e arbóreas. A diversidade de formações tem relação com os processos geológicos de formação da ilha, que originaram solos com diferentes níveis de saturação hídrica (MENEZES E ARAUJO, 2005). Entre as formações mais comuns encontram-se o manguezal, a restinga e a floresta atlântica de encosta (CONDE *et al*, 2005).

A região possui relevo montanhoso, sendo seu ponto mais elevado o Pico da Marambaia com 641 m (Figura 2). A ilha está inserida no Domínio Morfoclimático Tropical Atlântico, apresentando um clima superúmido-mesotérmico, com pouco ou nenhum déficit hídrico (MATTOS, 2005). Segundo classificação de Köppen, o clima é Aw - Clima Tropical Chuvoso, com temperaturas médias mensais superiores a 20 °C (MATTOS, 2005). Os meses mais frios, entre junho e agosto, possuem média de temperatura mínima por volta de 18 °C (MATTOS, 2005). Os meses de dezembro a março são os mais quentes, apresentando médias de temperatura máxima por volta de 30 °C (MATTOS, 2005). A precipitação é elevada, com média anual superior a 1000 mm. As chuvas são abundantes principalmente ao longo dos meses de novembro a março, quando os índices pluviométricos médios são superiores a 100 mm (MATTOS, 2005). Os meses de julho e agosto considerados os mais secos, com a precipitação média mensal variando entre 40 e 55 mm (MATTOS, 2005).

A Marambaia sofreu interferências de diversos tipos e intensidades desde a época de sua ocupação, em 1614 (CONDE *et al*, 2005). A área, por sua localização, foi utilizada como entreposto negreiro da Fazenda São Joaquim, pertencente ao comendador Joaquim José de Souza Breves, o “Barão do Café”, até 1888, época da abolição da escravatura. Com a morte do comendador em 1889, a fazenda entrou em decadência e foi vendida, em 1891, à Companhia Promotora de Indústria e Melhoramentos, que passou a propriedade ao Banco da República do Brasil, em 1896 (PEREIRA *et al*, 1990). Em 1908, a Marinha do Brasil instalou a Escola de Aprendizes de Marinheiros no local, mas se retirou dois anos depois (PEREIRA *et al*, 1990). Em 1939, durante a ausência da Marinha, foi criada a Escola de Pesca Darcy Vargas. Durante as duas décadas seguintes, a Marambaia teve um período de prosperidade social e econômica. Nessa época houve uma grande expansão urbana e intensa exploração dos recursos naturais. Atualmente, a Ilha da Marambaia pertence a Marinha do Brasil e sedia o Centro de Avaliação da Ilha da Marambaia (CADIM).

Historicamente, a área ocupada na Ilha da Marambaia é a face norte, voltada para Baía de Sepetiba. Essa face sofreu um longo histórico de ocupação e utilização da área como cultivo e pastoreio, sendo intensamente desmatada (CONDE *et al*, 2005). Durante as épocas de cultivo de cana de açúcar e café, a vegetação da floresta de encosta foi removida, estando hoje em estágio secundário de sucessão (GOÉS *et al*, 2005).

Nesse estudo foram utilizados dois trechos de Floresta Atlântica secundária (Figura 3), próximos a área chamada “Gruta da Santa”. Estes se encontram em duas trilhas que seguem paralelas a uma distância de 15 a 30m que, para fins de análise, foram consideradas como uma única área. As trilhas localizam-se a 0,6 km do alojamento de apoio do CADIM, possuindo altitude entre 50 e 80 m (GARSKE, 2001) e dão acesso à área turística da Ilha,

sendo, portanto, bastante freqüentadas por visitantes. A primeira é denominada “Trilha da Gruta” e possui cerca de 700 m de extensão; a segunda não possui denominação específica e possui cerca de 250 m de extensão. A vegetação da área varia entre 10 a 20 m de altura e o sub-bosque é composto por espécies de Melastomataceae e Rubiaceae (obs. pessoal), com alguns trechos de alta densidade de bambus (obs. pessoal).

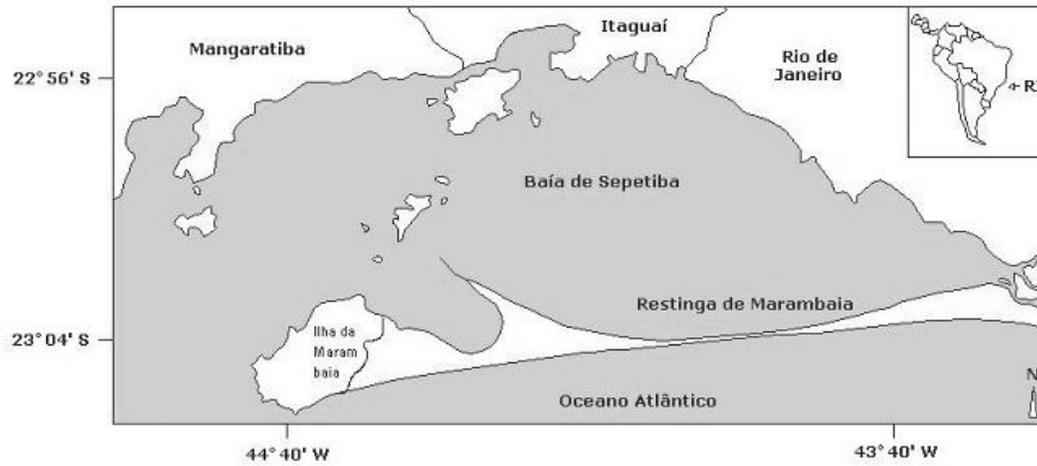


Figura 1- Localização da Ilha da Marambaia no Estado do Rio de Janeiro (retirado de Kneip & Oliveira 2005).



Figura 2- Vista geral da Ilha da Marambaia, com visão do Pico da Marambaia, ao centro.



Figura 3- Vistas parciais das duas trilhas onde foi desenvolvido o trabalho, em Ilha da Marambaia, RJ. A. Trilha sem denominação, com cerca de 250 m de extensão. B. Trilha da Gruta, com cerca de 700 m de extensão.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEATTIE, A. J. **The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1985.
- CHRISTIANINI, A. V. MAYHÉ-NUNES, A. J. OLIVEIRA, P. S. The role of ants in the removal of non-myrmecochorous diaspores and seed germination in a neotropical savanna. **Journal of Tropical Ecology**, v. 23, p. 343–351, 2007.
- CHRISTIANINI, A. V. MAYHÉ-NUNES, A. J. OLIVEIRA, P. S. Exploitation of Fallen Diaspores by Ants: Are there Ant–Plant Partner Choices? **Biotropica**, v.44, n.3, p.360-367, 2012.
- CONDE, M. M. S.; LIMA, H. R. P.; PEIXOTO, A. L. Aspectos florísticos e vegetacionais da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAÚJO, D. S. D. (Eds). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, 2005. p. 133 - 168.
- CONNELL, J.H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in the rain forest trees. In: DEN BOER, P.J.; GRADWELL, G.R. (eds). **Dynamics of populations**. Holanda: Centre for Agriculture Publications and Documentation, 1971. p. 298 – 310.
- ESCOBAR-RAMÍREZ, S.; DUQUE, S.; HENAO, N.; HURTADO-GIRALDO, A.; ARMBRECHT, I. Removal of Nonmyrmecochorous Seeds by Ants: Role of Ants in Cattle Grasslands. **Psyche**, v.2012, p. 1-8, 2012.
- FARNESE, F. S.; CAMPOS, R. B. F.; FONSECA, G. A. Dispersão de diásporos não mirmecocóricos por formigas: influência do tipo e abundância do diásporo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 125-130, 2011.
- GARSKE, C. E. S. **Estudo populacional da família Muscicapidae (Aves - Passeriformes) no Centro de Adestramento da Ilha da Marambaia (CADIM), Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro** [Monografia]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2001.
- GILADI, I. Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. **Oikos**, v. 112, p. 481-492, 2006.
- GOÉS, M. H. B.; SILVA, J. X. RODRIGUES, A. F. CAVALCANTE, M. S. G.; RONCARATI, H.; CRAVO, C. D.; MENEZES, L. F. T. ANJOS, L. H.; VALADARES, G. S.; PEREIRA, M. G. Modelo digital para a restinga e paleoilha da Marambaia, Rio de Janeiro. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAÚJO, D. S. D. (Eds). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, p. 231 - 284, 2005.

- GRIMALDI, D. The co-radiation of pollinating insects and angiosperms in the Cretaceous. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 86, p. 373:406, 1999.
- GUIMARÃES-JR, P. R.; COGNI, R. Seed cleaning of *Cupania vernalis* (Sapindaceae) by ants: edge effect in a highland forest in south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 303–307, 2002.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Cambridge: Harvard University Press, 1990.
- HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 13, p.221-228, 1982.
- JANZEN, D.H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v. 104, p.501 – 528, 1970.
- JORDANO, P. Angiosperm fleshy fruits and seed dispersers: a comparative analysis of adaptation and constraints in plant-animal interactions. **American Naturalist**, v. 145, n. 2, p.163–191, 1995.
- LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas na Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Orgs.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária UFPE, v. 1, 2003, p. 593-624.
- LEAL, I. R.; OLIVEIRA, P. S. Interactions between Fungus-Growing Ants (Attini), Fruits and Seeds in Cerrado Vegetation in Southeast Brazil. **Biotropica**, v. 30, n. 2, p. 170-178, 1998.
- LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. Seed Dispersal by Ants in the Semi-arid Caatinga of North-east Brazil. **Annals of Botany**, v.99, p.885–894, 2007.
- LÔBO, D.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R. Relocation of *Croton sonderianus* (Euphorbiaceae) Seeds by *Pheidole fallax* Mayr (Formicidae): a Case of Post-Dispersal Seed Protection by Ants? **Neotropical Entomology**, v.40, n.4, p.440-444, 2011.
- MATTOS, C. L. V. Caracterização climática da Restinga da Marambaia. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAÚJO, D. S. D. (Eds). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, 2005, p. 55 – 66.
- MENEZES, L. F. T.; ARAUJO, D. S. D. Formações vegetais da Restinga da Marambaia. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAÚJO, D. S. D. (Eds). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, 2005, p. 67 – 120.
- MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C (org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas: Unicamp/Fapesp, 1992, p.112-140.

- PASSOS, L.; FERREIRA, S. O. Ant dispersal of *Croton priscus* (Euphorbiaceae) seeds in a Tropical Semideciduous Forest in Southeastern Brazil. **Biotropica**, v. 28, p. 697-700, 1996.
- PASSOS, L.; OLIVEIRA, P. S. Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.19, p.261-270, 2003.
- PASSOS, L.; OLIVEIRA, P. S. Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. **Oecologia**, v. 139, p. 376–382, 2004.
- PEREIRA, L.A.; XEREZ, R. & PEREIRA, A.J. Ilha da Marambaia (baía de Sepetiba, RJ): resumo fisiográfico, histórico e importância ecológica atual. **Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, v. 42, p. 384-389, 1990.
- PETERNELLI, E. F. O.; DELLA-LUCIA, T. M. C.; PETERNELLI, L. A.; MOREIRA, N. C. Seed Transport and Removal of the Elaiosome of *Mabea fistulifera* by Workers of *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 53, n.1, p.275-290, 2009.
- PIZO, M. A. The Use of Seeds by a Twig-Dwelling Ant on the Floor of a Tropical Rain Forest. **Biotropica**, v.40, n.1, p.119-121, 2008.
- PIZO, M. A.; OLIVEIRA, P. S. Interactions between ants and seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic forest of southeast Brazil. **American Journal of Botany**, v.85, p.669-674, 1998.
- PIZO, M. A.; OLIVEIRA, P. S. The use of fruits and seeds by ants in the Atlantic forest of southeast Brazil. **Biotropica**, v.32, p.851-861, 2000.
- PIZO, M. A.; OLIVEIRA, P. S. Size and lipid content of nonmyrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. **Plant Ecology**, v.157, p.37-52, 2001.
- RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P. S. **The ecology and evolution of ant-plant interactions**. Chicago: University of Chicago Press, 2007.
- VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. 2^aed. Berlin: Springer-Verlag, 1982.
- VÁZQUEZ, D. P.; MELIÁN, C. J.; WILLIAMS, N. M.; BLÜTHGEN, N.; KRASNOV, B. R.; POULIN, R. Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. **Oikos**, v. 116, p. 1120-1127, 2007.
- WENNY, D. G. Advantages of seed dispersal: A re-evaluation of directed dispersal. **Evolutionary Ecology Research**, v. 3, p. 51-74, 2001.

5. CAPÍTULO 1

Variações temporais em interações entre formigas e diásporos em floresta ombrófila secundária, na Ilha da Marambaia, RJ



Foto: B.F. Silva

5.1. INTRODUÇÃO

A dispersão de sementes por formigas, a mirmecocoria, é comum em ambientes áridos, ocorrendo principalmente na Austrália (BERG, 1975) e na África do Sul (BOND E SLINGSBY, 1983). Na América do Sul, diásporos (i.e.: unidade dispersora da planta) adaptados à dispersão por formigas são incomuns (COSTA *et al*, 2007). Entretanto, a elevada diversidade de frutos nas florestas tropicais (MORELLATO E LEITÃO-FILHO, 1992) pode constituir uma fonte de recursos importante para as formigas. Por exemplo, na Floresta Atlântica já foram registradas mais de 800 interações entre espécies de formigas e diásporos não-mirmecocóricos (PIZO E OLIVEIRA, 2000), que podem conter porções carnosas, ricas em lipídios e que servem como recurso para as formigas (PIZO E OLIVEIRA, 2001). Esses diásporos são primariamente adaptados à dispersão por vertebrados, mas podem ser removidos, ou apenas limpos, por formigas ao alcançarem o solo (PASSOS E OLIVEIRA, 2003).

A atuação das formigas na remoção e limpeza dos diásporos é uma força seletiva importante na manutenção e evolução das suas características (CHRISTIANINI *et al*, 2007). A remoção dos diásporos de próximo da planta-mãe diminui as chances de predação dos frutos e aumenta as oportunidades de estabelecimento das plântulas, já que evita a alta competição próxima aos parentais (JANZEN, 1970; CONNELL, 1971). A limpeza dos frutos também garante melhores taxas de germinação, pois impede o ataque por patógenos (GUIMARÃES-JR E COGNI, 2002; LEAL E OLIVEIRA, 1998; PIZO E OLIVEIRA, 1998). Assim, a ação das formigas rearranja o banco de sementes e favorece a germinação dos diásporos limpos (LEVEY E BYRNE, 1993; OLIVEIRA ET AL., 1995; PASSOS E OLIVEIRA, 2004; PIZO E OLIVEIRA, 1998).

Apesar de realizar importante papel na evolução das características dos frutos, formigas são dispersores fortuitos e sua interação com diásporos irá depender da disponibilidade de frutos no ambiente (HÖLLDOBLER E WILSON, 1990). A quantidade de recursos disponíveis varia sazonalmente, de acordo com a fenologia das plantas (HUGHES E WESTOBY, 1990, RICO-GRAY *et al*, 1998). Assim, é esperado que em períodos com maior abundância de frutos ocorram maiores abundâncias e riquezas de espécies de formigas e, conseqüentemente, haja um maior número de interações entre estas e os frutos, já que as formigas respondem à distribuição espacial de recursos alimentares (WELBY E SHACHAK, 2000).

Além do fator biótico (disponibilidade de recursos), variáveis ambientais, como pluviosidade e temperatura, também podem afetar indiretamente o número de interações, visto que afetam a sazonalidade da abundância de formigas (PIZO E OLIVEIRA, 2000), levando a flutuações nas populações e a variação na atividade das colônias (LEVINGS, 1983). Maior riqueza e maior abundância de formigas ocorrem em estações úmidas (LEVINGS, 1983). Estações secas reduzem a atividade de forrageio das formigas (JANZEN, 1966). A umidade é um importante fator nas variações ocorridas entre temporadas. Pluviosidade e temperatura também são importantes em áreas tropicais (LEVINGS, 1983). Chuvas pesadas inibem o forrageio e temperaturas muito baixas ou altas podem declinar as populações ou limitar a atividade de forrageio (BROWN, 1973; LEVIEUX, 1975). Algumas espécies de formigas adaptam seu período de atividade, dependendo dos padrões de temperatura e pluviosidade (BERNSTEIN, 1979; DAVIDSON, 1977).

Considerando os fatores que podem afetar o forrageamento e a preferência das formigas, o objetivo deste capítulo foi registrar as interações entre formigas e diásporos em um trecho de Floresta Atlântica secundária, avaliando se a disponibilidade de frutos e as

variáveis abióticas (temperatura, umidade e precipitação) afetam o número e composição das interações ao longo do tempo. Para tal, procurou-se responder as seguintes questões:

(1) Qual composição de plantas e formigas presentes nas interações e quais as espécies mais importantes na manutenção da estrutura da rede de interações?

(2) Como é o comportamento da formiga junto ao diásporo?

(3) As variações na composição e no número de interações existentes ao longo do ano dependem da disponibilidade de diásporos ou das variáveis abióticas?

5.2. MATERIAL E MÉTODOS:

5.2.1. Área de estudo

Realizamos o estudo em um trecho de floresta secundária localizado na Ilha da Marambaia (23° 02' S; 43° 35' O) (Figura 1), pertencente à Restinga da Marambaia, localizada na zona oeste do Rio de Janeiro e em parte dos municípios de Itaguaí e Mangaratiba, na Baía de Sepetiba. A face norte da ilha está voltada para a Baía de Sepetiba, enquanto a porção sul é banhada pelo Oceano Atlântico (CONDE *et al*, 2005).

A Ilha da Marambaia possui diferentes formações vegetais, entre formações herbáceas, arbustivas e arbóreas. A diversidade de formações tem relação com os processos geológicos de formação da ilha, que originaram solos com diferentes níveis de saturação hídrica (MENEZES E ARAUJO, 2005). Entre as formações mais comuns encontram-se o manguezal, a restinga e a floresta atlântica de encosta (CONDE *et al*, 2005). Utilizada como fazenda durante os séculos XVII a XIX, a área teve a vegetação da floresta de encosta removida e encontra-se hoje em estágio secundário de sucessão (GOÉS *et al*, 2005). Atualmente, o local pertence à Marinha do Brasil e sedia o Centro de Avaliação da Ilha da Marambaia (CADIM).

O clima, segundo classificação de Köppen, é Aw - Clima Tropical Chuvoso, com temperaturas médias mensais superiores a 20 °C, com os meses mais frios entre junho e agosto (temperatura mínima média por volta de 18 °C) e os meses mais quentes entre dezembro a março (temperatura máxima média por volta de 30 °C) (MATTOS, 2005). A precipitação é elevada, com média anual superior a 1000 mm, sendo que as chuvas são abundantes, principalmente ao longo dos meses de novembro a março, quando os índices pluviométricos médios são superiores a 100 mm (MATTOS, 2005).

Utilizamos dois trechos de Floresta Atlântica secundária, próximas a área chamada “Gruta da Santa”. As duas trilhas possuem altitude entre 50 e 80 m (GARSKE, 2001) e seguem paralelas a uma distância de 15-30m e, para fins de análise, consideramo-las como única. As trilhas possuem cerca de 700 e 250 m de extensão. A vegetação da área varia entre 10 a 20 m de altura e o sub-bosque é composto por espécies de Melastomataceae e Rubiaceae (obs. pessoal), com alguns trechos de alta densidade de bambus (obs. pessoal).

5.2.2. Registro das interações entre formigas e diásporos

Utilizamos as trilhas como transectos lineares, em um total de 0,5 km. Estabelecemos estações de observação a cada 10 m, de forma a garantir a independência entre as colônias de formigas. Montamos as estações a uma distância de cerca de 1-2 m dos transectos. Cada estação consistiu em diásporos postos em papel filtro (10 x 10 cm), de modo a facilitar a visualização das formigas. Coletamos os diásporos no chão, recém caídos, ou os retiramos maduros da planta-mãe. A quantidade de diásporos disponibilizada variou de um a cinco, de acordo com a quantidade de frutos disponível no período de frutificação.

Realizamos, sempre que possível, duas observações mensais, nas quais montamos as estações às 08:00 h e realizamos a observação de interações entre os diásporos e formigas das 09:00 h às 17:00 h, a cada duas horas. Disponibilizamos as espécies de diásporos frutificando em maior abundância, com um máximo de três espécies por dia. Em casos de disponibilização de mais de uma espécie, os diásporos foram intercaladas entre as estações. Registramos data, hora, comportamento da formiga junto ao diásporo, espécie de planta e coletamos indivíduos de formigas. Consideramos interação a visualização de qualquer espécie de formiga em contato com a superfície do diásporo e não foram considerados contatos em que o indivíduo

apenas caminhava sobre este. Formigas encontradas em uma mesma estação em horários diferentes foram consideradas como a mesma interação.

A identificação foi realizada pelo Professor Dr. Antonio Mayhé-Nunes. Os exemplares de formigas estão depositados na Coleção Entomológica Costa Lima, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Classificamos as espécies de formigas em guildas alimentares como carnívoras, cultivadoras de fungos ou onívoras, seguindo a classificação adotada por Christianini *et al* (2011). As exsiccatas das plantas estão inclusas no acervo do herbário do Departamento de Botânica da UFRRJ (herbário RBR).

5.2.3. Disponibilidade de diásporos e fatores abióticos:

Obtemos a disponibilidade de recursos existente mensalmente através de três medidas: o índice de frutificação, a riqueza de espécies frutificando e a riqueza de espécies ofertadas.

Para obter o índice de frutificação, estabelecemos 50 parcelas de 10 x 1 m ao longo dos transectos, distantes perpendicularmente cerca de dois metros. O lado do transecto em que as parcelas eram estabelecidas foi determinado aleatoriamente por meio de sorteio.

Em cada parcela, observamos os diásporos disponíveis no solo e as classificamos, de acordo com a abundância dos mesmos, em uma escala de cinco categorias (0 a 4). A escala possui intervalos de 25% entre as categorias, conforme índice de Fournier (FOURNIER, 1974), com 0 correspondendo a ausência de diásporos no solo e 4 a uma frutificação de 75 a 100%. A fórmula para cálculo do índice foi:

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{4n} * 100$$

onde X_i é o índice calculado para a parcela i e n o número total de parcelas.

A riqueza de espécies em frutificação foi estabelecida através do número total de espécies de plantas encontradas frutificando nas parcelas a cada mês. A riqueza de espécies ofertadas foi determinada pelo número máximo de espécies de diásporos disponibilizados por mês durante as observações de interações. Esperamos que a maior oferta de recurso aumente o número de interações com formigas.

Os dados abióticos foram obtidos no site <<http://obras.rio.rj.gov.br/alertario.htm>>, da Prefeitura do Rio de Janeiro, para a estação de Guaratiba, localizada na Restinga da Marambaia, a cerca de 40 quilômetros da área de estudo. As variáveis abióticas analisadas foram pluviosidade, umidade e temperatura médias das datas de observação.

5.2.4. Análises estatísticas

Realizamos uma análise exploratória dos dados com o objetivo de visualizar a variação dos dados ao longo dos meses de coleta, as espécies vegetais com maior número de interações e as espécies de formigas mais interativas. Para avaliar se o índice de frutificação, a riqueza de espécies frutificando e a riqueza de espécies ofertadas relacionam-se ao número de registros de interações realizamos análises de correlação. Para analisar se as variáveis abióticas (umidade, temperatura, pluviosidade e pluviosidade do dia anterior) são capazes de afetar o número de registros de interações também utilizamos análises de correlação (ZAR, 1999). Todos os conjuntos de dados (índice de frutificação, riqueza de espécies frutificando, riqueza de espécies ofertadas, número de interações e as variáveis ambientais) tiveram sua

normalidade e homocedasticidade testadas através do teste de Shapiro-Wilk e teste de Bartlett (ZAR, 1999).

Realizamos um escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) para avaliar se a composição das espécies de formigas explorando os diásporos se modificou ao longo do ano. Agrupamos os meses em secos e chuvosos, sendo os meses secos de abril a outubro e os meses chuvosos de novembro a março (MATTOS, 2005).

5.2.5. Análise das redes ecológicas

Utilizamos análises de redes para visualizar o padrão geral das interações entre formigas e diásporos. As redes ecológicas são uma ferramenta que tem ajudado, nas últimas duas décadas, o entendimento de como as interações entre plantas e animais se estabelecem no contexto da comunidade e como a coevolução afeta a rede de espécies (BASCOMPTE, 2007).

As análises de redes representam os sistemas ecológicos na forma de grafos, em que os atores participantes das interações são representados por pontos (ou vértices) e as interações entre eles são representadas pelas linhas (ou arestas) que os conectam (BASCOMPTE E JORDANO, 2007). Para desenhar o grafo, montamos uma matriz ponderada, na qual as espécies de formigas localizavam-se nas linhas e as espécies de plantas nas colunas e as células continham a frequência de registros de interação entre dadas duas espécies. Os grafos foram gerados pelo programa Pajek 3.09 (BATAGELJ E MRVAR, 1998).

Com o objetivo de determinar a conectividade da rede, ou seja, o quanto os vértices estão conectados entre si, calculamos a conectância. A conectância foi obtida através do número de conexões observadas sobre o número de conexões possíveis, calculada pela fórmula:

$$C = \frac{2 I}{S(S - 1)}$$

onde C é a conectância, I é o número de interações observadas e S é o tamanho da rede (número de vértices).

Para saber se existe assimetria das dependências (maior dependência de um grupo em relação a outro) entre formigas e plantas, e quais espécies apresentam maior força de interação, calculamos a dependência entre os pares de espécies, a força de interação das espécies e a assimetria de dependência de cada par, com o cálculo do índice *interaction push-pull*. A dependência das espécies de formigas em relação às espécies de plantas foi calculada como:

$$d_{fp} = \frac{l_{fp}}{l_f}$$

onde d_{fp} é a dependência da espécie de formiga f em relação a espécie de planta p , l_{fp} é o total de registros de interações entre a formiga f e a planta p e l_f é o total de registros de interações da formiga f .

A dependência das espécies de plantas em relação às espécies de formigas foi calculada como:

$$d_{pf} = \frac{l_{pf}}{l_p}$$

onde d_{pf} é a dependência da espécie de planta p em relação a espécie de formiga f , l_{pf} é o total de registros de interações entre a planta p e a formiga f e l_p é o total de registros de interações da planta p .

A força de interação é calculada por $\sum d_{fp}$ (para as espécies de formigas) ou $\sum d_{pf}$ (para as espécies de plantas). A assimetria de dependência é obtida pela fórmula:

$$AS(f,p) = \frac{|d_{fp} - d_{pf}|}{\max(d_{fp}, d_{pf})}$$

onde $AS(f,p)$ é a assimetria de interação da formiga f e a planta p , $|d_{fp} - d_{pf}|$ é o módulo da diferença entre as dependências da espécie de formiga f e a espécie de planta p e $\max(d_{fp} - d_{pf})$ é o maior valor de dependência entre os valores calculados para toda a matriz.

O índice *interaction push-pull* é relacionado à assimetria de dependência e obtido pela função *specieslevel* do pacote bipartite do programa R.

As redes ecológicas apresentam assimetrias, com as espécies apresentando diferentes padrões de conexões. Em redes mutualistas é comum o padrão de interação aninhado. No aninhamento, poucas espécies contêm a maior parte das interações e a maior parte interage com um número reduzido de espécies (BASCOMPTE *et al*, 2003). Esse padrão torna as redes mais coesas, com as espécies generalistas formando um núcleo denso de interações (BASCOMPTE *et al*, 2003). Calculamos o aninhamento usando a métrica NODF (ALMEIDA-NETO *et al*, 2008) no programa Aninhado (GUIMARÃES E GUIMARÃES, 2006).

Redes ecológicas podem apresentar módulos, isto é, subgrupos com mais interações entre eles do que com outros subgrupos. Os módulos, em comunidades biológicas, podem ajudar a descrever o funcionamento e a estrutura dos sistemas (HINTGE E ADAMI, 2008) e sua formação pode estar relacionada a espécies estreitamente relacionadas (OLIVER *et al*, 2008). Verificamos a presença de módulos entre as espécies de formigas, para saber se estas formam grupos de acordo com os recursos (diásporos) que compartilham. Para avaliar a modularidade, geramos uma projeção unipartida para as espécies de formigas da rede, em que duas espécies de formigas estão conectadas caso ambas interajam com uma mesma espécie de planta. Com a projeção unipartida, analisamos a rede através do índice M no programa Netcarto (GUIMARÃES E AMARAL, 2005). A significância foi estimada pelo procedimento de Monte Carlo, com 1000 aleatorizações.

5.3. RESULTADOS

Registrámos um total de 675 interações entre 43 espécies de formigas (19 gêneros pertencentes a seis subfamílias) (Tabela 1; Anexo A) e 22 espécies de plantas (18 gêneros de 16 famílias) (Tabela 2; Anexo B). Myrmicinae foi a subfamília de formigas com maior número de espécies (S = 33 espécies) e a mais frequente nos registros de interações com diásporos (N = 478; 93,5% dos registros). As demais subfamílias registradas foram Dolichoderinae (1 espécie), Ectatomminae (2 espécies), Formicinae (2 espécies), Ponerinae (4 espécies) e Pseudomyrmecinae (1 espécie) (Figura 4). As espécies com maiores frequências de registros foram, respectivamente, *Pheidole* sp4, *Pheidole radoszkowskii*, *Pheidole sigillata*, *Wasmannia auropunctata* e *Pheidole* sp3 (Figura 5). As formigas onívoras foram as mais frequentes nas interações (N = 32). Registrámos apenas cinco espécies de formigas cultivadoras de fungos e seis espécies de formigas carnívoras (Tabela 1).

As famílias de plantas mais comuns foram Rubiaceae (4 espécies), Piperaceae (3 espécies) e Melastomataceae (2 espécies), sendo que as famílias Meliaceae, Melastomataceae e Rubiaceae representam quase 50% das interações (Figura 6). Piperaceae representou apenas 1,5% das interações registradas. As espécies mais frequentes nas interações foram *Guarea guidonia* (N = 132; 19,9%), *Miconia prasina* (N = 88; 13,3%), *Protium brasiliense* (N = 61; 9,2%) e *Ficus insípida* (N = 55; 8,3%) (Figura 7).

Tabela 1 - Espécies de formigas registradas em interações com diásporos na Ilha da Marambaia, RJ. A coluna “Subfamília / Espécie” apresenta as espécies e sua classificação quanto as subfamílias; a coluna “Guilda” classifica as espécies em onívoras, carnívoras ou cultivadoras de fungos; e a coluna “Nº de diásporos utilizados” disponibiliza o número total de espécies de diásporos utilizados pela espécie de formiga.

Subfamília / Espécie	Guilda	Nº de diásporos utilizados
Dolichoderinae		
1. <i>Linepithema</i> sp1	Onívora	4
Ectatomminae		
2. <i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	Carnívora	1
3. <i>Ectatomma permagnum</i> Forel, 1908	Carnívora	3
Formicinae		
4. <i>Brachymyrmex</i> sp1	Onívora	1
5. <i>Camponotus</i> sp1	Onívora	1
Myrmicinae		
6. <i>Atta sexdens rubropilosa</i> Forel, 1908	Cultivadora de fungos	2
7. <i>Carebara urichi</i> (Wheeler, 1922)	Onívora	3
8. <i>Carebarella bicolor</i> Emery, 1906	Onívora	2
9. <i>Crematogaster</i> sp1	Onívora	4
10. <i>Cyphomyrmex</i> sp1	Cultivadora de fungos	1
11. <i>Mycocrepurus</i> sp1	Cultivadora de fungos	1
12. <i>Octostruma rugifera</i> (Mayr, 1887)	Onívora	1
13. <i>Pheidole radoszkowskii</i> Mayr, 1884	Onívora	18
14. <i>Pheidole sigillata</i> Wilson, 2003	Onívora	15

15. <i>Pheidole</i> sp3	Onívora	16
16. <i>Pheidole</i> sp4	Onívora	20
17. <i>Pheidole sospes</i> Forel, 1908	Onívora	14
18. <i>Pheidole</i> sp6	Onívora	12
19. <i>Pheidole</i> sp7	Onívora	6
20. <i>Pheidole</i> sp8	Onívora	1
21. <i>Pheidole</i> sp9	Onívora	1
22. <i>Pheidole</i> sp10	Onívora	9
23. <i>Pheidole</i> sp11	Onívora	2
24. <i>Pheidole</i> sp12	Onívora	2
25. <i>Pheidole</i> sp13	Onívora	1
26. <i>Pheidole</i> sp14	Onívora	1
27. <i>Pheidole sensitiva</i> Borgmeier, 1959	Onívora	1
28. <i>Pheidole</i> sp16	Onívora	1
29. <i>Sericomyrmex</i> sp1	Cultivadora de fungos	4
30. <i>Solenopsis</i> sp1	Onívora	7
31. <i>Solenopsis</i> sp2	Onívora	3
32. <i>Solenopsis</i> sp3	Onívora	12
33. <i>Solenopsis</i> sp4	Onívora	3
34. <i>Solenopsis</i> sp5	Onívora	5
35. <i>Solenopsis</i> sp6	Onívora	2
36. <i>Trachymyrmex</i> sp1	Cultivadora de fungos	11
37. <i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	Onívora	16
38. <i>Wasmannia</i> sp2	Onívora	7
Ponerinae		
39. <i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	Carnívora	1
40. <i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	Carnívora	1
41. <i>Pachycondyla apicalis</i> (Latreille, 1802)	Carnívora	2
42. <i>Pachycondyla striata</i> Fr.Smith, 1858	Carnívora	9
Pseudomyrmecinae		
43. <i>Pseudomyrmex</i> sp1	Onívora	1

Tabela 2 - Espécies de diásporos explorados por formigas na Ilha da Marambaia, RJ. A coluna “Familia / Espécie” apresenta as espécies de plantas e sua classificação quanto as famílias; a coluna “Tipo” classifica os frutos em secos e carnosos; a coluna “Nº de interações” fornece o número total de interações observadas durante o estudo; e a coluna “Espécies de formigas” apresenta o código das formigas encontradas interagindo com as espécies de plantas (ver código na Tabela 1)

Familia / Espécie	Tipo de diásporo	Nº de interações	Meses em frutificação	Espécies de formigas
Araceae				
1. <i>Monstera adansonii</i> var <i>klotzschiana</i> (Schott) Madison	Carnoso	4	set	15-16; 30; 34

Asteraceae						
2.	<i>Niedenzuella acutifolia</i> (Cav.) W.R. Anderson	Seco	1	fev, abr, jun		37
Burseraceae						
3.	<i>Protium brasiliense</i> Engl.	Carnoso	61	fev	3; 13-18; 22-23; 29-34; 37; 39; 42	
Erythroxylaceae						
4.	<i>Erythroxylum pulchrum</i> A. St.-Hil.	Carnoso	35	jun-jul, dez-jan	9; 13-18; 22; 24; 27; 30; 32; 35-37; 42	
Lauraceae						
5.	<i>Ocotea schottii</i> (Meisn.) Mez	Carnoso	30	mai-nov	1; 4; 13-19; 22; 35-37; 43	
Melastomataceae						
6.	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	Carnoso	12	fev-mar, ago-out	13; 16; 18; 36-38; 42	
7.	<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	Carnoso	88	abr-out	1; 9; 13-18; 22; 25; 29; 34; 36-37; 41-42	
Meliaceae						
8.	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Carnoso	132	nov-abr	2-3; 7; 9; 13-24; 30; 32-34; 37-38; 40-42	
Moraceae						
9.	<i>Ficus insipida</i> Willd.	Carnoso	55	mar-jun, set, nov-jan	3; 7; 9; 13-18; 22; 29-30; 32-34; 36-38; 42	
Nyctaginaceae						
10.	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Carnoso	7	dez-jan, mar-mai	13; 15-16; 22; 32; 42	
Passifloraceae						
11.	<i>Passiflora edulis</i> Sims	Carnoso	18	jan-fev	11; 13-17; 31; 32; 37	
Piperaceae						
12.	<i>Piper amplum</i> Kunth	Carnoso	2	fev-abr, jun	5; 16	
13.	<i>Piper anisum</i> (Spreng.) Angely	Carnoso	3	set, nov-jun	13; 36-37	
14.	<i>Piper caldense</i> C. DC.	Carnoso	5	dez-jun	6; 10; 16; 38	
Rubiaceae						
15.	<i>Coccocypselum cordifolium</i> Nees & Mart.	Carnoso	17	abr-set	13-19; 32; 37	
16.	<i>Psychotria</i> cf. <i>hoffmannseggiana</i> (Schult.) Müll. Arg.	Carnoso	14	jun	1; 13-19; 28	
17.	<i>Psychotria deflexa</i> DC.	Carnoso	26	abr-out	8; 13-14; 16-17; 32; 36-38	
18.	<i>Psychotria leiocarpa</i> Cham. & Schltld.	Carnoso	36	abr-out	13-19; 30; 32; 36-38	
Sapindaceae						
19.	<i>Paulinia micrantha</i> Cambess.	Carnoso	33	mar-jul	6; 8; 13-18; 22; 29; 32; 36-37	
Siparunaceae						
20.	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Carnoso	17	abr-mar, set-out	13-16; 26; 37	
Solanaceae						
21.	<i>Solanum pseudochina</i> Spreng.	Carnoso	21	jan-jun	7; 13-17; 19; 32; 36; 42	
Verbenaceae						
22.	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Carnoso	46	jan-fev	1; 12-18; 22; 30-32; 36-38; 42	

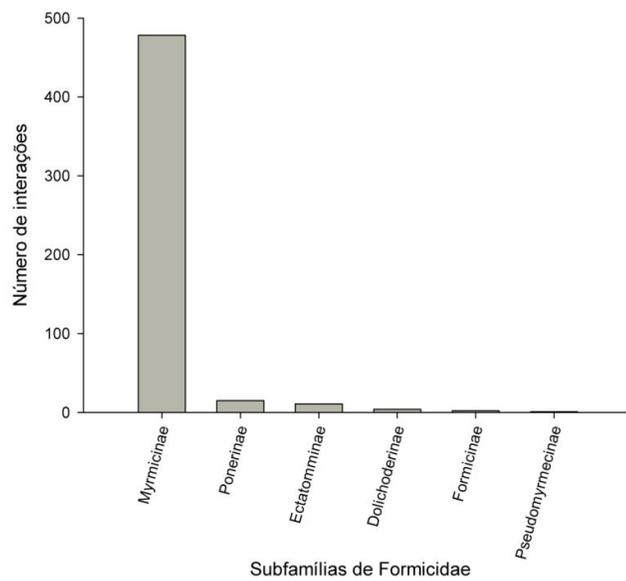


Figura 4 - Frequência de registros das subfamílias de Formicidae nas interações com plantas, na Ilha da Marambaia, RJ.

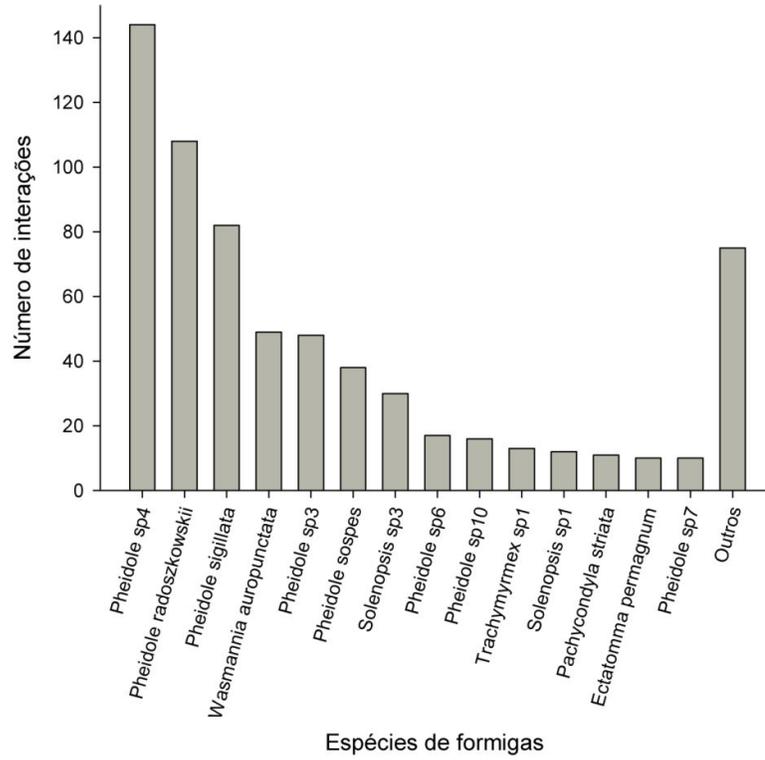


Figura 5 - Frequência de registros das espécies de formigas nas interações com plantas, na Ilha da Marambaia, RJ.

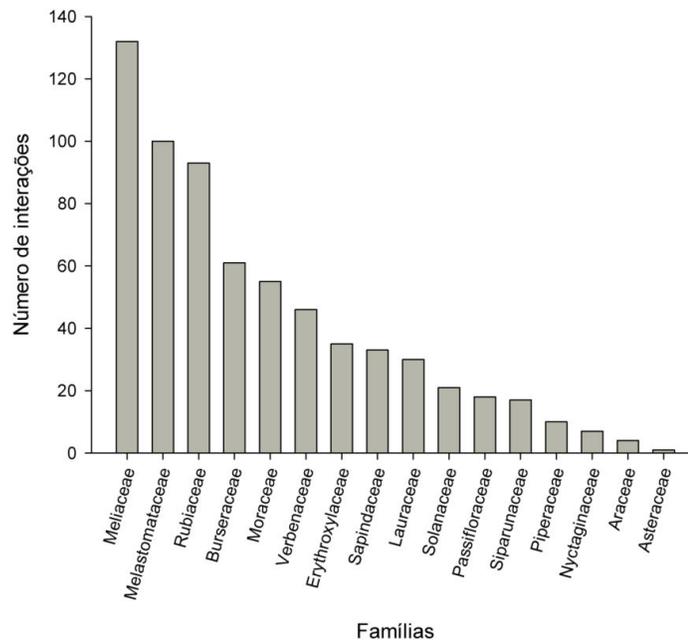


Figura 6 - Frequência de registros das famílias botânicas nas interações com espécies de formigas, na Ilha da Marambaia, RJ.

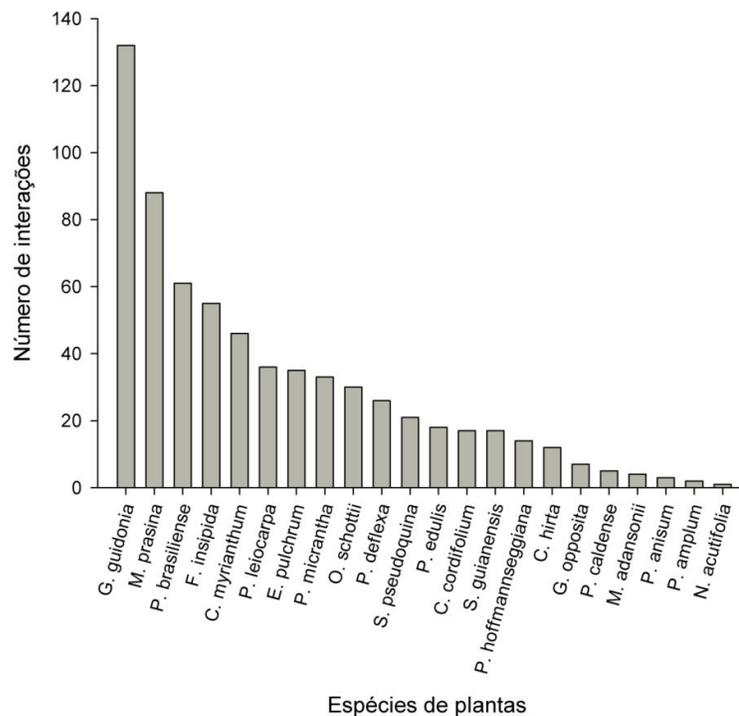


Figura 7 - Frequência de registros de espécies de plantas nas interações com espécies de formigas, na Ilha da Marambaia, RJ.

Registramos apenas 12 interações em que as formigas carregavam os diásporos ou tentavam carregar, arrastando-os. As formigas que exibiram tal comportamento foram *Atta sexdens rubropilosa*, *Cyphomyrmex* sp1, *Ectatomma edentatum*, *E. permagnum*, *Pachycondyla apicalis*, *P. striata*, *Pheidole sigillata* e *Sericomyrmex* sp1. A espécie *P. striata* foi mais frequente, removendo os diásporos de quatro espécies vegetais diferentes: *Guarea guidonia*, *Guapira opposita*, *Erythroxylum pulchrum* e *Solanum pseudochina*. Além desses diásporos, *Protium brasiliense*, *Piper caldense* e *Paulinia micrantha* também foram carregadas pelas outras espécies de formigas. Em todas as demais interações as formigas apenas consumiam o recurso oferecido pelo diásporo no local.

Ao longo dos meses de observação, o número de registros de interações variou de oito registros, em outubro de 2012, até 98 registros, em março de 2012 (Figura 8). Houve uma queda durante os meses de maio e junho de 2012, que somaram apenas 33 registros nesses dois meses (Figura 8). O índice de frutos disponíveis no solo durante o período de observação variou entre 2% (fevereiro de 2013) e 11,5% (outubro de 2012) (Figura 8) e o número de espécies de plantas em frutificação na área por mês variou de uma espécie (março de 2012) a 20 espécies (outubro de 2012) (Figura 9). O número de espécies de diásporos disponibilizados para observação das interações variou entre uma a cinco espécies em cada mês.

O índice de frutos disponíveis em solo não apresentou correlação com o número de registros de interações ($p = 0,72$), assim como o número de espécies de plantas em frutificação no local ($p = 0,27$). Contudo, o número total de espécies de diásporos disponibilizados para as formigas durante o mês influenciou positivamente o total de registros de interações ($r = 0,71$; $p < 0,001$; Figura 10). As variáveis abióticas - temperatura ($p = 0,43$),

umidade ($p = 0,26$), pluviosidade ($p = 0,67$) e pluviosidade do dia anterior ($p = 0,84$) - não afetaram o número de registros de interações observados.

O ordenamento resultante da análise de escalonamento multidimensional (NMDS) não apresentou agrupamentos que separassem os meses secos dos meses chuvosos segundo a composição de espécies de formigas (Figura 11), confirmado pela análise de similaridade (ANOSIM), que não indicou diferenças significativas na composição das espécies de formigas entre as diferentes estações ($p=0,58$).

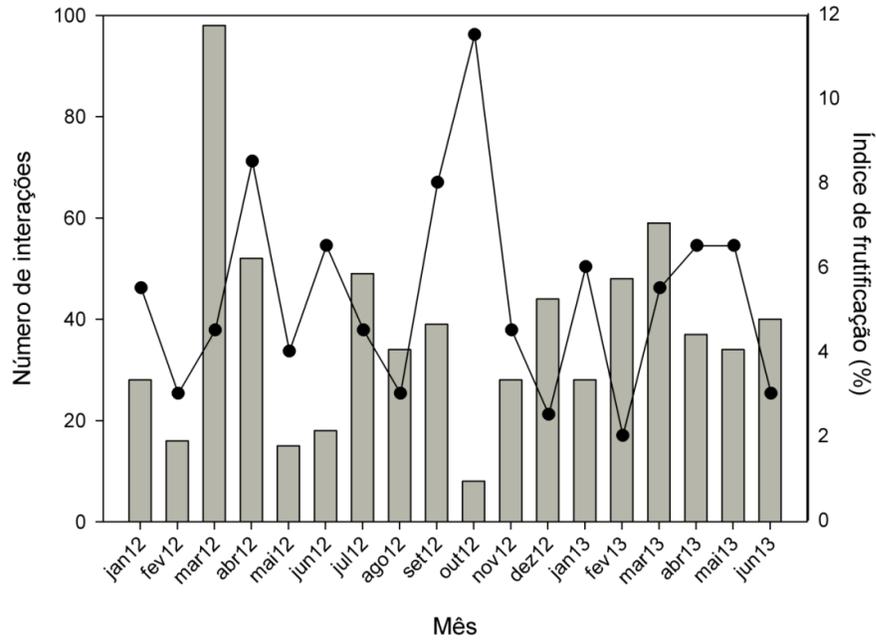


Figura 8: Número de registros de interações entre formigas e plantas ao longo do período compreendido entre janeiro de 2012 a junho de 2013 (em barras) e o índice de frutos disponíveis em solo (em porcentagem) durante o mesmo período (linha e pontos), em trecho de floresta secundária na Ilha da Marambaia, RJ.

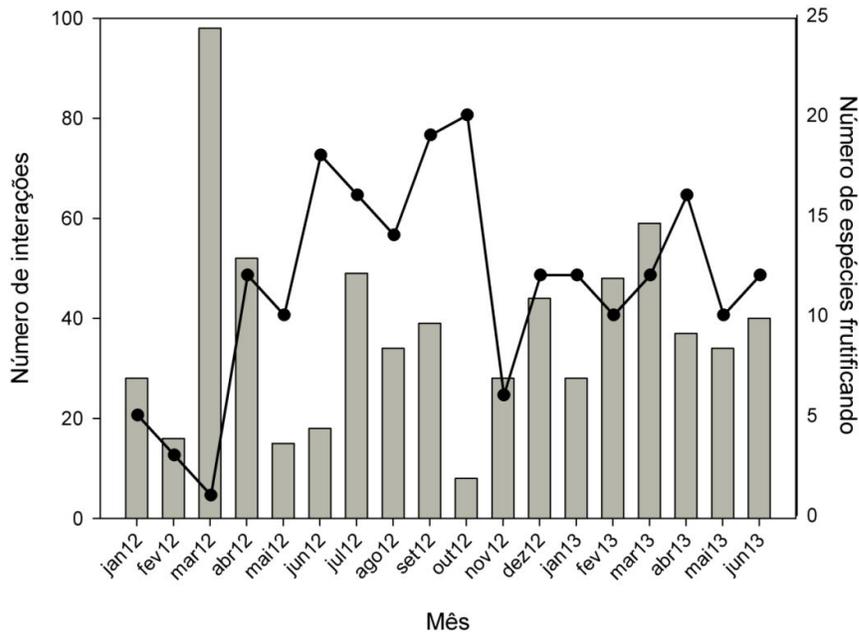


Figura 9: Número de registros de interações entre formigas e plantas ao longo do período compreendido entre janeiro de 2012 a junho de 2013 (em barras) e o número de espécies de diásporos frutificando durante o mesmo período (linha e pontos), em trecho de floresta secundária na Ilha da Marambaia, RJ.

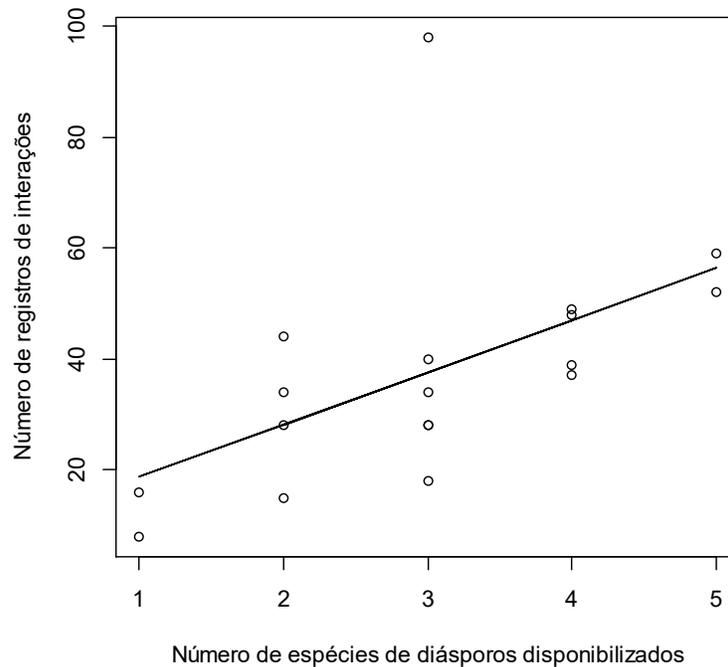


Figura 10 - Relação entre o total de espécies de diásporos disponibilizadas mensalmente e o total de interações entre formigas e diásporos registradas no mês, durante o período de janeiro de 2012 a junho de 2013, em Ilha da Marambaia, RJ ($p = 0.00$).