

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

**DISSERTAÇÃO**

**Comunidades de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) do Estrato  
Arbustivo-Arbóreo em Fragmentos Florestais de Mata Atlântica no  
Rio de Janeiro**

**Renata Cristina de Souza Coelho**

**2011**



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

**COMUNIDADES DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DO**  
**ESTRATO ARBUSTIVO-ARBÓREO EM FRAGMENTOS FLORESTAIS DE MATA**  
**ATLÂNTICA NO RIO DE JANEIRO**

**RENATA CRISTINA DE SOUZA COELHO**

*Sob a Orientação do Professor*

**Dr. Jarbas Marçal de Queiroz**

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

Seropédica, RJ

Maio de 2011

595.79098153

C672c

T

Coelho, Renata Cristina de Souza, 1982-  
Comunidades de formigas (Hymenoptera:  
Formicidae) do estrato arbustivo-arbóreo em  
fragmentos florestais de Mata Atlântica no  
Rio de Janeiro / Renata Cristina de Souza  
Coelho - 2011.  
59 f.: il.

Orientador: Jarbas Marçal de Queiroz.

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

Inclui bibliografia.

1. Himenoptera - Vassouras (RJ) - Teses.  
2. Biodiversidade - Vassouras (RJ) - Teses.  
3. Relação inseto-planta - Teses. 4. Desma-  
tamento florestal - Teses. I. Queiroz, Jar-  
bas Marçal de, 1968-. II. Universidade Fe-  
deral Rural do Rio de Janeiro. Curso de  
Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Flo-  
restais. III. Título.

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

**RENATA CRISTINA DE SOUZA COELHO**

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

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 02/05/2011

---

Jarbas Marçal de Queiroz. Prof. Dr. UFRRJ  
(Orientador)

---

Maria Santana de Castro Morini. Prof. Dra. UMC

---

André Felipe Nunes-Freitas. Prof. Dr. UFRRJ

Dedico esse trabalho a minha tia Ana Maria, aos meus pais Paulo e Sonia, e a todos que apóiam meu crescimento humano, científico e profissional.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sua benção diária.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jarbas Marçal de Queiroz que sempre foi acessível, paciente e dedicado. Além disso, o mesmo foi de suma importância na complementação da minha formação acadêmica com seus preciosos ensinamentos.

A CAPES pela bolsa de estudos concedida.

A FAPERJ pelo financiamento do projeto, processo: E-26/112.121/2008.

Ao meu pai Paulo Sérgio de Souza Coelho e a minha mãe Sonia Rodrigues de Souza Coelho pela rica educação que me concederam.

Ao meu amigo Fábio Souto de Almeida que foi mais que um mero colega de laboratório, me ajudando nas coletas de campo, identificação das formigas e até na redação do presente trabalho.

A Professora Dra. Alexandra Pires Fernandez pela “carona de campo”, amizade e boa vontade.

Ao meu irmão Paulo Sérgio de Souza Coelho Jr. que foi meu motorista, mateiro, e companheiro de campo.

Ao Prof. Dr. Antônio José Mayhé Nunes pela identificação da mirmecofauna.

A todos os proprietários e caseiros das Fazendas visitadas no Município de Vassouras, RJ, por ter permitido a realização do nosso estudo em respeito a nossa pesquisa.

A todos os professores e funcionários do Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais da UFRRJ.

Aos colegas do laboratório de Ecologia e Conservação da UFRRJ, que sempre tornaram o trabalho mais descontraído.

Ao meu marido Fábio Ribeiro Rocha por todo seu apoio, amizade e companheirismo.

Ao meu amigo Cândido Barreto de Novais pelo incentivo e amizade desde os tempos da graduação.

As novas e grandes amigas de pós-graduação Kelly Silva e Débora Silva pelas preciosas trocas de informações científicas, conselhos, descontração e divertimento.

Ao grupo de amigos Luciana, Leandro, Luisa, Jorge e Ana, pelos momentos felizes e agradáveis. Amigos verdadeiros que estão presentes nos bons e maus momentos.

Aos meus queridos afilhados, crianças que enchem minha vida de alegria, satisfação e orgulho.

A todos os meus familiares.

E, não menos importante, ao Tequinho por sua lealdade.

## RESUMO GERAL

COELHO, Renata Cristina de Souza. **Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) do estrato arbustivo-arbóreo em fragmentos florestais de Mata Atlântica no Rio de Janeiro**. 2011. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

No bioma Mata Atlântica, o desmatamento e o conseqüente processo de fragmentação florestal vêm se agravando desde o século XVI. Dados recentes estimam que a área coberta com remanescentes florestais de Mata Atlântica representa entre 11,6% a 16% de sua extensão original, tendo como conseqüência a extinção de espécies, devido à diminuição e isolamento dos habitats e ao efeito de borda. Dentre os animais, os insetos se destacam por apresentarem o maior número de espécies e participarem de um grande número de interações com outros organismos. Sendo bons bioindicadores em estudos de avaliação de impactos ambientais, incluindo os efeitos da fragmentação florestal. Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) têm sido utilizadas como bioindicadoras em função de sua elevada riqueza de espécies e por responderem a mudanças no ambiente. O principal objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da fragmentação florestal sobre a riqueza, a diversidade e a composição das comunidades de formigas que forrageiam sobre plantas. Além disso, verificou-se as variações espaciais e temporais desta comunidade e a influência da estrutura da vegetação e sob a riqueza e diversidade da mirmecofauna arborícola. O estudo foi realizado durante a estação seca de 2009 e a estação chuvosa de 2010. Foram amostrados oito fragmentos florestais do Município de Vassouras, além da Reserva Biológica do Tinguá, no Estado do Rio de Janeiro. Em uma parcela de 120 m<sup>2</sup>, 20 árvores com CAP entre 15 a 40 cm foram marcadas, estando estas distantes em cerca de 10 m entre si. Uma mesma quantidade de sardinha, em óleo comestível, foi colocada no tronco de cada uma das árvores e sobre papel branco, com 10 cm x 12 cm, distribuídas sobre 20 arbustos, próximos das respectivas árvores, a altura aproximada de 1 m. As iscas foram colocadas no horário entre 10:30h e 11:00h, permanecendo 1 hora sobre a vegetação. Para estudar a estrutura da vegetação, foi utilizado o método do toque. Todas as árvores com CAP acima de 5 cm foram contadas e morfoespeciadas e também foram obtidas a porcentagem de cobertura do dossel. A fim de estudar a influência dos fatores abióticos, foram registradas, com termohigrômetro, a temperatura e a umidade relativa do ar. Foi coletado um total de 73 morfoespécies de formigas distribuídas em 20 gêneros e seis subfamílias: Myrmicinae (33), Dolichoderinae (15), Formicinae (12), Pseudomyrmecinae (7), Ponerinae (3), Ectatomminae (2) e Ecitoninae (1). *Pheidole* foi o gênero com maior riqueza de espécies (13), seguido de *Linepithema* (9) *Solenopsis* (8), *Pseudomyrmex* (7) e *Brachymyrmex* (6). No geral, o índice de diversidade e a riqueza de espécies de formigas foram maiores na estação chuvosa que na estação seca. Foram encontradas 12 espécies exclusivas na estação seca e 32 na estação chuvosa. A variação de tamanho dos fragmentos não influenciou a riqueza de espécies de formigas numa escala local. As análises de regressão múltipla passo a passo para os dados da estrutura da vegetação dos fragmentos revelaram que a riqueza e a diversidade (H') de espécies de formigas dependeram, principalmente, da densidade de arbustos e árvores. Isto mostra que para a comunidade de formigas arborícolas, a qualidade do habitat é mais importante do que o tamanho da área, ressaltando a importância do estado de conservação dos fragmentos para a proteção da biodiversidade da Mata Atlântica.

**Palavras chaves:** Biodiversidade, interações inseto-planta, estrutura da vegetação, Vassouras.

## GENERAL ABSTRACT

COELHO, Renata Cristina de Souza. **Ant communities (Hymenoptera: Formicidae) of the woody layer in forest fragments of Atlantic Forest in Rio de Janeiro.** 2011. 59 p. Dissertation (Master Science in Environmental and Forest Sciences). Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

In the Atlantic forest, deforestation and the resulting forest fragmentation have been worsening since the sixteenth century. Recent data estimate that the area covered with forest of Mata Atlantica represents between 11.6% and 16% of its original length, resulting in the extinction of species due to habitat reduction and isolation and edge effect. Among animals, insects are noted for presenting the largest number of species and participate in a large number of interactions with other organisms. Being good bioindicators in studies of environmental impact assessment, including the effects of forest fragmentation. Ant communities (Hymenoptera: Formicidae) have been used as bioindicators because of their high species richness and respond to environmental changes. The main objective was to study the effects of forest fragmentation on the richness, diversity and community composition of ants foraging on plants. Moreover, there was the spatial and temporal variations of this community and the influence of vegetation structure and in the richness and diversity of arboreal ant fauna. The study was conducted during the dry season of 2009 and the rainy season of 2010. We sampled eight forest fragments in the City of Vassouras, besides Tinguá Biological Reserve, State of Rio de Janeiro. In a plot of 120 m<sup>2</sup>, 20 trees with CAP between 15 to 40 cm were marked, these being distant about 10 m apart. The same amount of sardines in edible oil, was placed in the trunk of each tree and on white paper, 10 cm x 12 cm, distributed over 20 bushes near their trees, the approximate height of 1 m. The baits were placed in the schedule between 10:30 and 11:00, one hour remaining on the vegetation. To sample the vegetation structure, we used the method of touch. All trees with CAP over 5 cm were counted and morphospecies and were also obtained the percentage of canopy cover. In order to study the influence of abiotic factors were recorded temperature and relative humidity. We collected a total of 73 morphospecies of ants distributed in 20 genera and six subfamilies, Myrmicinae (33), Dolichoderinae (15), Formicinae (12), Pseudomyrmecinae (7), Ponerinae (3), Ectatomminae (2) and Ecitoninae (1). *Pheidole* was the largest genus with species richness (13), followed by *Linepithema* (9) *Solenopsis* (8), *Pseudomyrmex* (7) and *Brachymyrmex* (6). Overall, the diversity index and species richness of ants were higher in the rainy season than in dry season. We found 12 unique species in the dry season and 32 in the rainy season. The variation of fragment size did not influence the species richness of ants on a local scale. The multiple regression analysis step by step to the data of vegetation structure of the fragments revealed that the richness and diversity (H') of ant species depended mainly on the density of shrubs and trees away all the vegetation structure has influenced ant community. This shows that for the arboreal ant community, the habitat quality is more important than the size of the area, stressing the importance of conservation of the Atlantic.

**Key words:** Biodiversity, insect-plant interactions, vegetation structure, Vassouras.

## LISTAS DE TABELAS

- Tabela 1.1.** Localização e tamanho dos fragmentos florestais estudados, Rio de Janeiro, 2009-2010. 12
- Tabela 1.2.** Frequência de ocorrência de espécies de formigas na Reserva Biológica do Tinguá (número 1) e em fragmentos florestais do Município de Vassouras (números de 2 a 9); estação (S = seca, C = chuvosa) e estrato (Sb = arbustivo, Tr = arbóreo) do registro. 19
- Tabela 1.3.** Número de iscas de sardinha visitadas por formigas nos estratos arbustivo e arbóreo das estações seca e chuvosa nos fragmentos florestais do Município de Vassouras e da Reserva Biológica do Tinguá. 22
- Tabela 1.4.** Frequência de espécies raras e comuns de formigas em duas escalas espaciais (1 ou 2 iscas = raro localmente; 1 ou 2 fragmentos = raro regionalmente; 2 ou mais iscas = comum localmente; 2 ou mais fragmentos = comum regionalmente). 27
- Tabela 2.1.** Riqueza de espécies de formigas coletadas nos fragmentos florestais do Município de Vassouras, Rio de Janeiro. 45
- Tabela 2.2.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A variável resposta é a riqueza total de espécies de formigas e os dados da estrutura da vegetação compõem as variáveis independentes. 46
- Tabela 2.3.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A variável resposta é a riqueza de espécies de formigas coletadas na estação seca e os dados da estrutura da vegetação e das variáveis ambientais compõem as variáveis independentes. 47
- Tabela 2.4.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A variável resposta é a riqueza de espécies de formigas coletadas na estação chuvosa e os dados da estrutura da vegetação e das variáveis ambientais compõem as variáveis independentes. 48
- Tabela 2.5.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A variável resposta é a diversidade ( $H'$ ) total de espécies de formigas e os dados da estrutura da vegetação compõem as variáveis independentes. 49
- Tabela 2.6.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A variável resposta é a diversidade ( $H'$ ) de espécies de formigas coletadas na estação seca e os dados da estrutura da vegetação e das variáveis ambientais compõem as variáveis independentes. 50
- Tabela 2.7.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A resposta é a diversidade ( $H'$ ) de espécies de formigas coletadas na estação chuvosa e os dados da estrutura da vegetação e das variáveis ambientais compõem as variáveis independentes. 51

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Diagrama Ombrotérmico com base nos valores dos últimos 20 anos de temperatura e precipitação do Município de Vassouras, RJ. Dados da EMBRAPA Monitoramento por satélite. 13
- Figura 1.2.** Distribuição da evapotranspiração real no Município de Vassouras, RJ, dos últimos 20 anos. Dados da EMBRAPA Monitoramento por satélite. 13
- Figura 1.3.** Isca de sardinha em óleo no tronco de árvore. 16
- Figura 1.4.** Isca de sardinha em óleo sobre um arbusto. 16
- Figura 1.5.** Índice de diversidade de Shannon-Wiener para a riqueza de espécies coletadas na estação seca e chuvosa dos fragmentos florestais de Vassouras e na ReBio Tinguá. 23
- Figura 1.6.** Número de espécies exclusivas encontradas nos fragmentos florestais de Vassouras e na ReBio Tinguá durante a estação seca e chuvosa. 24
- Figura 1.7.** Curvas de acumulação de espécies de formigas obtidas com o estimador Chao 2, com 100 aleatorizações, para os fragmentos florestais no Município de Vassouras e a Reserva Biológica do Tinguá, durante a estação seca. 25
- Figura 1.8.** Curvas de acumulação de espécies de formigas obtidas com o estimador Chao 2, com 100 aleatorizações, para os fragmentos florestais no Município de Vassouras e a Reserva Biológica do Tinguá, durante a estação chuvosa. 26
- Figura 1.9.** Análise de similaridade com índice de Bray-Curtis com a abundância das espécies, separados por estrato florestal dos oito fragmentos florestais no Município de Vassouras e na Reserva Biológica do Tinguá ((stress = 0.20438; variância = 0.76251). 28
- Figura 2.1.** Obtenção da porcentagem de cobertura do dossel com o Quatrat, Município de Vassouras, Rio de Janeiro, Brasil. 42
- Figura 2.2.** Leitura da temperatura e umidade relativa do ar com o termohigrômetro, Município de Vassouras, Rio de Janeiro, Brasil. 42
- Figura 2.3.** Análise de regressão linear entre a riqueza total de espécies e o tamanho dos fragmentos florestais do Município de Vassouras, RJ. 45
- Figura 2.4.** Relação entre a riqueza total de espécies de formigas e o Cap médio, riqueza e densidade de árvores e densidade de arbustos. 46
- Figura 2.5.** Relação entre a diversidade total de formigas e o Cap médio, riqueza e densidade arbórea e densidade arbustiva. 50

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	1
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	4
<b>CAPÍTULO I: VARIAÇÕES TEMPORAIS E ESPACIAIS NA ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE FORMIGAS</b>	7
<b>RESUMO</b>	8
<b>ABSTRACT</b>	9
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	12
2.1 Área de Estudo	12
2.2 Amostragem da Mirmecofauna	14
2.3 Análise estatística	17
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	18
3.1 Riqueza de Espécies	18
3.2 Análise da Mirmecofauna	22
<b>4 CONCLUSÃO</b>	29
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	30
<b>CAPÍTULO II: HETEROGENEIDADE AMBIENTAL COMO PROCESSO REGULADOR DA RIQUEZA E DIVERSIDADE DE FORMIGAS ARBORÍCOLAS EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA</b>	34
<b>RESUMO</b>	35
<b>ABSTRACT</b>	36
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	37
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	40
2.1 Área de Estudo	40
2.2 Amostragem da Mirmecofauna	40
2.3 Amostragem da estrutura vegetacional	41
2.4 Variáveis Ambientais	41
2.4 Análises estatísticas	43
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	44
3.1 Riqueza de espécies de formigas	44
3.2 Diversidade de formigas	49
<b>4 CONCLUSÃO</b>	53
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	54

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Os impactos antrópicos vêm causando efeitos nocivos aos ecossistemas em todo o mundo, diminuindo continuamente os recursos naturais e a biodiversidade. Entre os ecossistemas mais perturbados ou destruídos pela ação antrópica destacam-se as florestas tropicais, que abrigam pelo menos a metade do total das espécies vegetais e animais existentes no planeta (MYERS, 1997). O processo de degradação, promovido pela expansão das áreas urbanas e fronteiras agrícolas causa a perda e a fragmentação das florestas tropicais, modificando a estrutura e a qualidade dos remanescentes florestais, importantes para a conservação da biodiversidade (ALTIERE, 1994; LAURANCE *et al.*, 2001; ALENCAR *et al.*, 2004; LAURANCE *et al.*, 2004).

A destruição das florestas tropicais e a sua fragmentação contribuem para que muitas espécies de animais e vegetais desapareçam, já que devido à perda e/ou modificação de seus habitats elas se tornam mais vulneráveis à extinção (KAGEYAMA & LEPSCH-CUNHA, 2001). É sabido que a fragmentação das florestas pode levar a alterações do microclima e afetar direta ou indiretamente a dinâmica de populações e comunidades, podendo resultar em aumento ou redução da diversidade de espécies (THOMAZINI & THOMAZINI 2000).

Uma forma de detectar e monitorar os padrões de mudança na biodiversidade provocados por ações antrópicas é utilizar espécies ou grupos de espécies, que funcionam como bioindicadores da degradação ambiental. Dentre estes grupos, os insetos têm sido amplamente utilizados para esse tipo de estudo, em função de sua alta diversidade e sensibilidade a mudanças do ambiente (ALONSO & AGOSTI, 2000). As formigas (Hymenoptera: Formicidae) são utilizadas como bioindicadoras (SANTOS *et al.*, 2006) e servem como modelo em estudos de biodiversidade devido à sua elevada importância ecológica, ampla distribuição geográfica, alta riqueza local e regional de espécies, dominância numérica, por serem facilmente amostradas (ALONSO & AGOSTI, 2000) e sensíveis a mudanças no ambiente (VASCONCELOS, 1998). Vários autores avaliaram a eficiência das formigas como indicadoras da qualidade ambiental, da diversidade de espécies nas comunidades (KASPARI & MAJER, 2000; ALONSO, 2000; MARINHO *et al.*, 2002; RAMOS *et al.*, 2001) e dos efeitos da fragmentação florestal sobre a biodiversidade (CARVALHO & VASCONCELOS, 1999; VASCONCELOS *et al.*, 2001, LOZANO-ZAMBRANO *et al.*, 2009).

Os formicídeos também são conhecidos por habitar desde o solo até as copas das árvores. No entanto, a maioria dos estudos se concentra na investigação de formigas que

forrageiam e/ou nidificam na serapilheira (BESTELMEYER *et al.*, 2000; MARINHO *et al.*, 2002; VEIGA-FERREIRA *et al.*, 2005). Apesar de saber que as comunidades de formigas arborícolas são diferentes das que habitam os demais estratos (CASTRO *et al.*, 1990; OLIVEIRA & BRANDÃO, 1991; SILVESTRE & SILVA, 2001; RIBAS *et al.*, 2003). Por isso é importante a realização de pesquisas que contemplem este habitat.

DAVIDSON *et al.* (2003) afirmaram que é importante estudar a mirmecofauna arborícola, porque em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo as formigas aparecem como o componente mais abundante deste habitat, havendo um grande potencial para a descoberta de novas espécies (LEWINSOHN *et al.*, 2005). Outros estudos têm inovado, ao descrever hábitos comportamentais de espécies arborícolas (DEL-CLARO *et al.*, 2002), além da sua importância na manutenção da diversidade florestal.

No entanto, o desmatamento florestal causa a eliminação de muitas colônias de formigas e a diminuição das áreas de forrageamento no habitat, tornando os ambientes cada vez mais hostis para várias espécies de formigas (SCHOEREDER *et al.*, 2004), enquanto outras podem ter sua abundância aumentada devido seu alto potencial de adaptação (VASCONCELOS, 1998).

Se tratando de conservação da biodiversidade, a Mata Atlântica brasileira é um bioma prioritário em um nível global, já que possui elevada diversidade e endemismo (MYERS *et al.*, 2000, ROCHA *et al.*, 2003). No entanto, o histórico de desmatamento da Mata Atlântica remonta às primeiras ocupações de terra durante o período colonial no Brasil, que devido o crescimento populacional e expansão das atividades agrícolas levaram à derrubada das árvores (YONG, 2005). No Vale do Paraíba, região sudeste do país, o desmatamento ocorreu de forma rápida e devastadora durante a segunda metade do século XIX, no auge da produção de café (DEAN, 1998). O município de Vassouras, no Estado do Rio de Janeiro, foi nesta época o principal produtor e exportar de café no mundo. Os danos causados pela destruição de florestas nativa para a implantação dos cafezais transformou a região em pouco tempo em um local decadente e, com o fim do ciclo do café, a maioria das fazendas mudou sua produção para a pecuária, mais especificamente, o gado leiteiro (STEIN, 1990).

Da Mata Atlântica original da região de Vassouras pouco sobrou. A cobertura florestal da paisagem atual é composta por pequenos fragmentos de matas regeneradas nos anos recentes. O conhecimento da riqueza, abundância e composição da comunidade de formigas arborícolas nesse ambiente pode ajudar a entender o papel dessas paisagens degradadas pelos diversos ciclos econômicos da agricultura brasileira na conservação da biodiversidade da

Mata Atlântica. Diante disto, o principal objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da fragmentação florestal sobre a riqueza, a diversidade e a composição das comunidades de formigas que forrageiam sobre plantas. Especificamente, o trabalho objetiva analisar as variações temporais e espaciais na estrutura das comunidades de formigas arborícolas em fragmentos florestais e em uma área de floresta contínua na Mata Atlântica (Capítulo 1) além de testar o efeito do tamanho dos fragmentos e das variáveis ambientais sobre a estrutura dessas comunidades (Capítulo 2).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, A.; NEPSTAD, N.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V.; FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), 2004, p. 89.
- ALONSO, L. E. **Ants as indicators of diversity**. *In*: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. eds. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington, Smithsonian Institution, 2000, p. 80-88.
- ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. **Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview**. *In*: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. eds. *Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington, Smithsonian Institution, 2000, p. 1-8.
- ALTIERI, M. A. **Biodiversity and pest management in agroecosystems**. New York, Food Products, 1994, p.185.
- BESTELMEYER, B. T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L. E.; BRANDÃO, C. R. F.; BROWN, W. L. Jr.; DELABIE, J. H. C.; SILVESTRE, R. **Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation**. *In*: D. AGOSTI; J.D. MAJER; L. ALONSO.; T. SCHULTZ (eds). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington, Smithsonian Institution, 2000, p. 122-144.
- CARVALHO, K.S.; VASCONCELOS, H.L. Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litterdwelling ants. **Biological Conservation**, V. 91, p. 151-157, 1999.
- CASTRO, A. G., QUEIROZ, M. V. B.; ARAÚJO, L. M. O papel do distúrbio na estrutura de comunidades de formigas (Hymenoptera-Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, V. 34, n. 1, p. 201-213, 1990.
- DAVIDSON, D.W.; COOK, S. C.; SNELLING, R. R.; CHUA T. H. Explaining the Abundance of Ants in Lowland Tropical Rainforest Canopies. **Science**, V. 300, p. 969-972, 2003.
- DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo, Companhia das Letras, 1998. 484p.
- DEL-CLARO, K.; SANTOS, J. C.; DURÃES, A. S. J. Etograma da Formiga Arborícola *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824) (Formicidae: Mirmicinae). **Revista de Etologia**, V. 4, n. 1, p. 31-40, 2002.
- KAGEYAMA, P.; LEPSCH-CUNHA, N. M. Singularidade da biodiversidade nos trópicos. *In*: GARAY, I. & DIAS, B. (eds.). **Conservação da biodiversidade nos trópicos**, Ed. Vozes, Petrópolis, 2001, p. 199-214.
- KASPARI, M.; MAJER, J. D. Using ants to monitor environmental change. *In*: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. eds. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution, 2000, p. 89-98.

- LAURANCE, W. F.; COCHRANE, M. A.; BERGEN, S.; FEARNSIDE, P. M.; DELAMÔNICA, P.; BARBER, C.; D'ANGELO, S.; FERNANDES, T. "The Future of the Brazilian Amazon". **Science**, V. 291, p. 438-439, 2001.
- LAURANCE, W. L.; ALBERNAZ, A. K. M.; FEARNSIDE, P. M.; VASCONCELOS, H.; FERREIRA, L. V. "Deforestation in Amazonia". **Science**, V. 304, p. 1109-1111, 2004.
- LEWINSOHN, T.M.; FREITAS, A.V.L.; PRADO, P.I. Conservation of terrestrial invertebrates and their habitats in Brazil. **Conservation Biology**, V. 19, p. 640-645. 2005.
- LOZANO-ZAMBRANO, F. H.; ULLOA-CHACÓN.; ARMBRECHT I. Hormigas: Relaciones Especies-Área en Fragmentos de Bosque Seco Tropical. **Neotropical Entomology** V. 38, n. 1, p. 044-054, 2009.
- MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHILINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de Cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, V. 3, n. 2, p. 187-195, 2002.
- MYERS, N. Florestas tropicais e suas espécies, sumindo, sumindo. . . ? In: WILSON, E. O.; PETER, F. M. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1997, p. 89-97.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, V. 403, p. 853-845, 2000.
- OLIVEIRA, P. S.; BRANDÃO, C. R. F. **The ant community associated with extrafloral nectaries in the Brazilian cerrados**. In: HUXLEY, C. R.; CUTTER, D. F. (eds.) Ant-plant interaction. University Press. Oxford, 1991, p. 198-212.
- RAMOS L. S.; MARINHO C. G. S.; FILHO R. Z. B.; DELABIE J. H. C. Impacto do plantio de eucalipto numa área de Cerrado, usando as formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira como indicadores biológicos. In: XV ENCONTRO DE MIRMECOLOGIA, **Anais...**, Londrina, Brasil, 2001, p. 325-327.
- RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H.; PIC, M.; SOARES, S. M. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. **Austral Ecology**, V. 28, p. 305-314, 2003.
- ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M.A.S.; VANSLUYS, M.A. **Biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica**. Ed. RIMA, São Carlos, 2003, 134p.
- SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. N. C.; DIAS, N.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, V. 96, n.1, p. 95-101, 2006.
- SCHOEREDER, J. H.; SOBRINHO, T. G.; RIBAS, C. R.; CAMPOS, R. B. F. Colonization and extinction of ant communities in a fragmented landscape. **Austral Ecology**, V. 29, p. 391-398, 2004.

SILVESTRE, R.; SILVA, R. R. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luis Antônio – SP – sugestões para aplicação de guildas como bio-indicadores ambientais. **Biotemas**, V. 14, n. 1, p. 37-69. 2001.

STEIN, S. J. **Vassouras: um município brasileiro do café, 1850-1900**. Tradução de Vera Bloch Wrobel. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1990.

THOMAZINI, M.J; THOMAZINI, A.P.B.W. A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21p. (Embrapa Acre. Documentos, 57).

VASCONCELOS, H. L. **Respostas das formigas à fragmentação florestal**. INPA / Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. SÉRIE TÉCNICA IPEF, V. 12, n. 32, p. 95-98, 1998.

VASCONCELOS, H. L.; CARVALHO, K. S.; DELABIE, J. H. C. Landscape modifications and ant communities. *In*: BIERREGAARD, R. O. JR.; GASCON, C.; LOVEJOV, T. E.; MESQUITA, R. eds. **Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest**. Yale, Yale University. V.16, p.189-207, 2001.

VEIGA-FERREIRA, S.; MAYHÉ-NUNES A. J.; QUEIROZ J. M. Formigas de serapilheira na reserva biológica do Tinguá, Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Universidade Rural, Série Ciência e Vida**. Seropédica, RJ, V. 25, n. 1, p.49-54, 2005.

YOUNG, C. E. F. Causas socioeconômicas do desmatamento na Mata Atlântica brasileira. *In*: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (eds) **Mata Atlântica : biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Fundação SOS Mata Atlântica — Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.

## **CAPÍTULO I**

### **VARIAÇÕES TEMPORAIS E ESPACIAIS NA ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE FORMIGAS ARBORÍCOLAS**

## RESUMO

Formigas arborícolas são aquelas que nidificam e forrageiam sobre as árvores e arbustos. Estas desempenham um importante papel ecológico na composição da vegetação, por serem agentes atuantes na dispersão de semente florestais. Colaboram também na defesa de plantas, reduzindo a herbivoria e possivelmente aumentando o potencial reprodutivo das mesmas. A alta diversidade de espécies de formigas arborícolas é responsável pelo enriquecimento da fauna local. Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar as variações espaciais e temporais em parâmetros comunitários da mirmecofauna arborícola em fragmentos de Mata Atlântica. O estudo foi realizado durante as estações seca de 2009 e chuvosa de 2010. Foram amostrados oito fragmentos florestais do Município de Vassouras, além da Reserva Biológica do Tinguá. Em uma parcela de 120 m<sup>2</sup>, vinte árvores com CAP entre 15 a 40 cm foram marcadas a uma distância de cerca de 10 metros uma das outras. Uma mesma quantidade de sardinha, em óleo comestível, foi colocada no tronco de cada uma das árvores e sobre papel branco, com 10 cm x 12 cm, distribuídas sobre 20 arbustos, próximos das respectivas árvores, a altura aproximada de 1 m. A colocação das iscas foi realizada no horário entre 10:30h e 11:00h e permaneceram 1 hora sobre a vegetação. Após esse intervalo, as formigas foram coletadas e depositadas em um recipiente contendo álcool 70%, a fim de serem fixadas em via seca e identificadas no laboratório para posterior análise. Foi coletado um total de 73 espécies de formigas distribuídas em 20 gêneros e seis subfamílias: Myrmicinae (33), Dolichoderinae (15), Formicinae (12), Pseudomyrmecinae (7), Ponerinae (3), Ectatomminae (2) e Ecitoninae (1). A subfamília Myrmicinae apresentou maior riqueza de espécies (33). *Pheidole* foi o gênero com maior riqueza de espécie (13), seguido de *Linepithema* (9), *Solenopsis* (8), *Pseudomyrmex* (7) e *Brachymyrmex* (6). Em geral, o índice de diversidade foi maior na estação chuvosa que na estação seca. A riqueza de espécies de formigas também foi maior na estação chuvosa. Foram encontradas 12 espécies exclusivas na estação seca e 32 na estação chuvosa. Estes resultados forneceram importantes informações a respeito da atividade da comunidade de formigas arborícolas sobre diferentes padrões sazonais. A abundância de espécies de formigas arborícolas é maior no estrato arbóreo. As espécies de formigas encontradas forrageando nas árvores e nos arbustos fazem parte de uma mesma fauna. A maioria das espécies amostradas (53,42%) tiveram frequência rara tanto local quanto regional. Este indicativo ressalta a importância de se conservar os fragmentos de Mata Atlântica. Uma vez que, por serem raras, estas espécies podem apresentar maior risco de extinção local.

**Palavras chaves:** Biodiversidade, interações inseto-plantas, Vassouras, Reserva Biológica do Tinguá

## ABSTRACT

Arboreal ants are those that nest and forage on trees and shrubs. They play an important ecological role in the composition of the vegetation, because they are active agents in the dispersal of forest seeds. Also collaborate in plant defense, herbivory, and possibly reducing the reproductive potential of increasing the same. The high diversity of arboreal ant species is responsible for the enrichment of local fauna. Thus, the purpose of this study was to investigate the spatial and temporal variation in community parameters of arboreal ant fauna in tropical forest fragments. The study was conducted during the dry season of 2009 and rainy season of 2010. We sampled eight forest fragments in the City of Vassouras, and the Biological Reserve Tinguá. In a plot of 120 m<sup>2</sup>, twenty trees with CAP between 15 to 40 cm were marked at a distance of about 10 meters from each other. The same amount of sardines in edible oil, was placed in the trunk of each tree and on white paper, 10 cm x 12 cm, distributed over 20 bushes near their trees, the approximate height of 1 m. The placement of the baits was performed between the hours 10:30 and 11:00 and remained one hour on the vegetation. After this period, ants were collected and deposited into a container with 70% alcohol in order to be fixed in the dry and identifies the laboratory for further analysis. We collected a total of 73 ant species distributed in 20 genera and six subfamilies, Myrmicinae (33), Dolichoderinae (15), Formicinae (12), Pseudomyrmecinae (7), Ponerinae (3), Ectatomminae (2) and Ecitoninae (1). The subfamily Myrmicinae showed higher species richness (33). *Pheidole* was the largest genus with species richness (13), followed by *Linepithema* (9), *Solenopsis* (8), *Pseudomyrmex* (7) and *Brachymyrmex* (6). In general, the diversity index was higher in the rainy season than in dry season. Species richness of ants was also higher in the rainy season. We found 12 unique species in the dry season and 32 in the rainy season. These results provide important information about the activity of arboreal ant communities on different seasonal patterns. The abundance of arboreal ant species is higher in the tree layer. The species of ants found foraging in trees and shrubs are part of the same fauna. Most of the species (53,42%) had rare frequency, both locally and regionally. This indicator highlights the importance of conserving forest fragments. Once, as they are rare, these species may be at greater risk of local extinction.

**Key words:** Biodiversity, insect-plant interactions, Vassouras, Biological Reserve Tinguá.

## 1 INTRODUÇÃO

Devido a sua importância ecológica, as formigas representam um grupo que tem recebido bastante atenção nos últimos anos. Embora as formigas sejam encontradas em todos os estratos florestais e se alimentarem dos mais diversos tipos de recursos (BRÜHL *et al.*, 1998), há uma concentração nos estudos de formigas que habitam a serapilheira (KALIF & RAMOS, 2001; WILKIE *et al.*, 2009).

Considerando que o habitat original das formigas é a serapilheira (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990), algumas espécies podem ter se especializado nos ambientes arbóreos, em consequência a sua adaptação a uma dieta líquida, à base de néctar de nectários extraflorais e exudatos de hemípteros (BRÜHL *et al.*, 1998). Alguns trabalhos revelaram elevada riqueza de espécies de formigas que podem ser encontradas sobre plantas (RICO-GRAY *et al.*, 1997; MARQUES & DEL-CLARO, 2006).

Formigas arborícolas são, portanto, aquelas que vivem sobre as árvores e arbustos (BERNSTEIN, 1975), nidificando e/ou forrageando neste habitat (RIBAS *et al.*, 2003). Segundo DEL-CLARO *et al.* (1996), as formigas arborícolas desempenham um importante papel ecológico para a vegetação já que possuem capacidade de defender determinadas espécies de plantas. Essa defesa está relacionada à redução dos danos por herbivoria e pode ter como consequência o aumento do potencial reprodutivo das plantas. Portanto, uma alta diversidade de espécies de formigas arborícolas pode diminuir a incidência de insetos herbívoros (WILSON, 1987).

Estudos mostram que um aumento da riqueza de espécies arborícolas representa uma maior disponibilidade dos recursos para espécies de formigas generalistas, sendo que a riqueza de espécies arborícolas e a densidade de árvores estão relacionadas (WILSON, 1987; RICO-GRAY *et al.*, 1998; RIBAS *et al.*, 2003; LOZANO-ZAMBRANO *et al.*, 2009).

Portanto, as formigas podem responder não só a riqueza de espécies arbóreas, mas também ao aumento na disponibilidade dos recursos através da densidade de árvores. Especialmente porque a baixa disponibilidade dos recursos pode gerar uma maior taxa de competição interespecífica e exclusão, o que é um dos principais reguladores da estrutura das comunidades de formigas (BERNSTEIN, 1975). Por outro lado, tanto a estrutura da vegetação quanto, a comunidade de formigas são influenciadas por fatores abióticos, como temperatura e umidade (BRIAN, 1983; RICO-GRAY *et al.*, 1998), que variam ao longo do ano. Essas

condições climáticas podem afetar as atividades de forrageamento das colônias de formigas, que aumentam a atividade sob temperaturas mais altas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

Florestas tropicais também apresentam variação vertical ao longo dos estratos vegetais arbóreo (tronco e copa) (LEWINSOHN *et al.*, 2005), que pode estar relacionada a qualidade e quantidade de recursos oferecidos em cada um dos estratos (STORK *et al.*, 1997). O estudo do padrão de distribuição das formigas arborícolas ao longo dos estratos vegetais de uma mata (CAMPOS *et al.*, 2006), é importante para ampliar o conhecimento da fauna que forrageia e/ou nidifica em determinado estrato florestal (CAMPOS *et al.*, 2008). A fim de saber se a mirmecofauna se diferencia ou não (BRÜHL *et al.*, 1998).

Diante destas questões, este estudo objetivou investigar as variações espaciais e temporais, em parâmetros comunitários da mirmecofauna arborícola em fragmentos florestais de Mata Atlântica. Para isso, levantaram-se as seguintes hipóteses:

I. A riqueza e a diversidade ( $H'$ ) de espécies de formigas arborícolas se diferenciam entre as estações seca e chuvosa.

II. O número de espécies exclusivas de formigas arborícolas se diferencia entre as estações seca e chuvosa.

III. A abundância da comunidade de formigas arborícolas é maior no estrato arbóreo.

IV. As espécies de formigas arborícolas podem ser raras (localmente ou regionalmente) ou comuns (localmente ou regionalmente).

V. A fauna de formigas arborícolas que forrageia no extrato arbustivo é diferente das que forrageiam no estrato arbóreo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

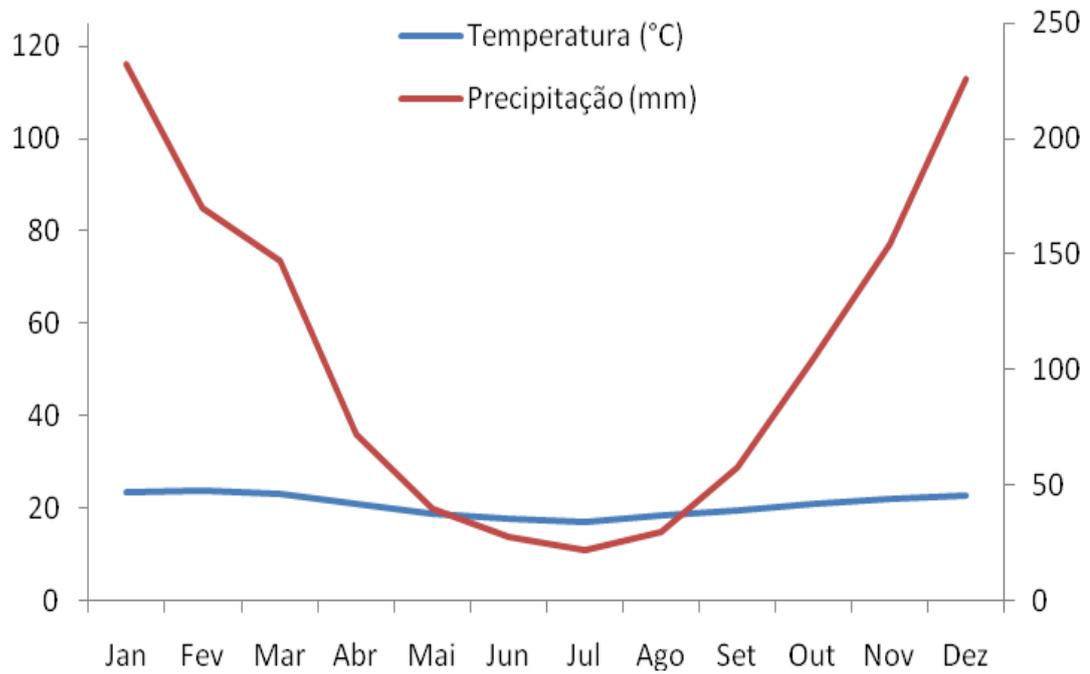
### 2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado durante a estação seca de 2009 e a chuvosa de 2010, em oito fragmentos florestais, com áreas variando de 3,55 a 780 hectares em propriedades agrícolas do município de Vassouras, RJ (22°24'14"S; 43°39'45"W). No município, a paisagem é dominado por pastagens (60,2%) e em menor parcela por vegetação nativa (35,3%) (IBGE, 2009). Além disso, foram realizadas coletas na Reserva Biológica do Tinguá (ReBio Tinguá), que está inserida nos municípios de Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Petrópolis e Miguel Pereira, distante aproximadamente 27 Km de Vassouras, representando uma área de floresta contínua. Portanto, foram totalizadas 18 amostragens. Duas coletas em cada uma das áreas (Tabela 1.1).

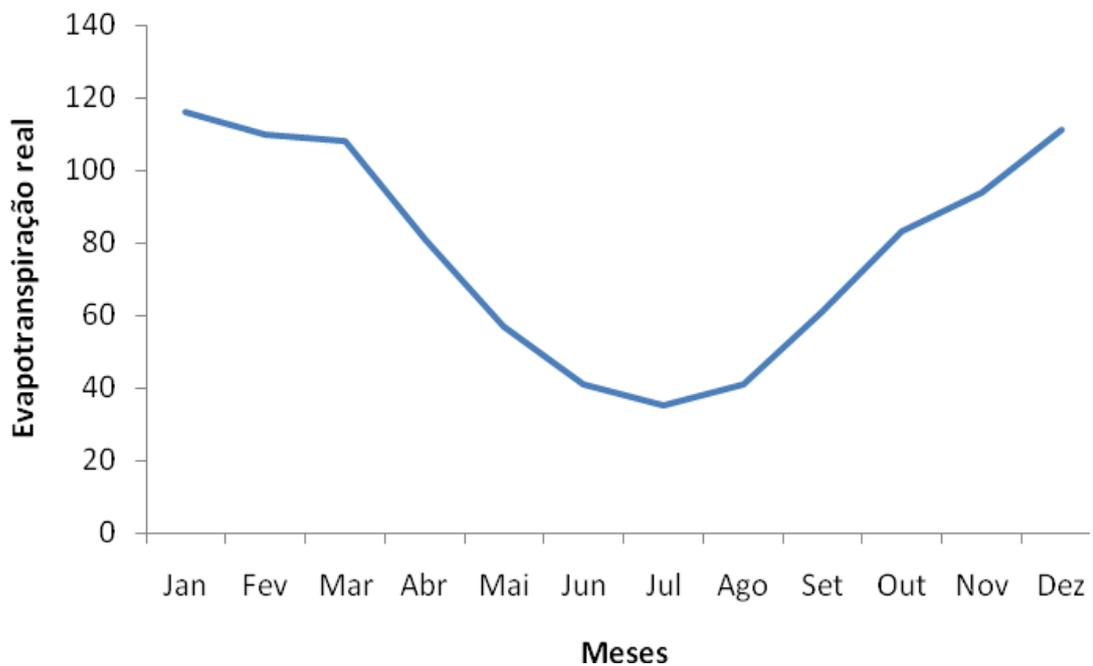
A cidade de Vassouras se encontra a 437 m de altitude e seu clima é Cwb, conforme a classificação Köppen, temperado úmido, com inverno seco e chuvas no verão (Figura 1.1 e 1.2).

**Tabela 1.1.** Localização e tamanho dos fragmentos florestais estudados, Rio de Janeiro, 2009-2010.

Fragmento	Local	Tamanho (ha)	Coordenadas geográficas
1	ReBio do Tinguá	24.903	S 22° 34' 55,1" O 43° 26' 14,0"
2	Faz. Galo Vermelho	780,0	S 22° 26' 90,2" O 43° 40' 22,5"
3	Faz. Das Acácias	53,4	S 22° 27' 02,9" O 43° 38' 35,1"
4	Colônia de Férias Cofel	35,5	S 22° 27' 02,9" O 43° 38' 35,1"
5	Faz. Das Acácias	31,2	S 22° 25' 18,1" O 43° 42' 00,0"
6	Faz. Floresta	27,9	S 22° 27' 19,6" O 43° 42' 26,2"
7	Colônia de Férias Cofel	6,0	S 22° 27' 43,0" O 43° 38' 54,8"
8	Faz. Galo Vermelho	5,9	S 22° 27' 55,9" O 43° 39' 52,0"
9	Faz. Triunfo	3,5	S 22° 24' 60,8" O 43° 41' 60,8"



**Figura 1.1.** Diagrama Ombrotérmico com base nos valores dos últimos 20 anos de temperatura e precipitação do Município de Vassouras, RJ. Dados da EMBRAPA Monitoramento por satélite.



**Figura 1.2.** Distribuição da evapotranspiração real no Município de Vassouras, RJ, dos últimos 20 anos. Dados da EMBRAPA Monitoramento por satélite.

A ReBio Tinguá é considerada um remanescente de Mata Atlântica, representando uma área de floresta contínua com extensão de 24.903 ha. Estes ambientes possuem fisionomia vegetacional classificada como floresta ombrófila densa, inserida no domínio da Mata Atlântica *lato sensu* (IBGE, 1993). Esta formação tem fisionomia caracterizada como mata perenifólia, ou seja: sempre verde com dossel variando de 20 a 60 m de altura. Possui densa vegetação arbustiva, composta por samambaias, arborescentes, bromélias, palmeiras, trepadeiras e epífitas (SOS MATA ATLÂNTICA, 2006). A característica ombrotérmica da floresta está relacionada a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas e de alta precipitação bem distribuída durante o ano, o que determina a situação bioecológica (VELOSO, *et al.*, 1991).

Assim como ocorreu em vários outros Estados brasileiros, os processos de ocupação e exploração dos recursos na região do Vale do Paraíba datam desde o período colonial. Devido ao plantio do café, a floresta primitiva foi sendo devastada e transformada numa série de fragmentos espalhados pelo Vale. O terreno montanhoso de Vassouras provocou rápida erosão e o solo virgem desapareceu rapidamente devido à extensa exploração, isso contribuiu para o declínio do cultivo do café (STEIN, 1990). Após esta decadência ainda houve o cultivo da cana-de-açúcar com mão-de-obra escrava. Posteriormente, a falta de fertilidade do solo, levou os fazendeiros a abandonarem as terras ao pasto e às várias etapas sucessivas de vegetação secundária (STEIN, 1990). Atualmente, esta região apresenta apenas pouca cobertura florestal e a base de sua produção agropecuária é a cultura do tomate e a pecuária de leite semi-extensiva, que são atividades que continuam causando inúmeros impactos ambientais, principalmente em função da topografia ondulada do município e do mau uso da água e do abuso no uso de agrotóxicos na cultura do tomate (BRASIL *et al.*, 2000).

## **2.2 Amostragem da Mirmecofauna**

Em cada ambiente, foi demarcada uma parcela de 30 m x 40 m, subdividida em 3 parcelas menores de 10 m x 40 m, totalizando 9 amostragens em cada estação. As parcelas foram marcadas a 50 m do limite do fragmentos, para evitar possíveis efeitos de borda.

Vinte árvores, com circunferência à altura do peito (CAP) entre 15 a 40 cm, foram marcadas no interior de cada parcela a uma distância de cerca de 10 metros uma das outras, totalizando 20 pontos de amostragem. No tronco de cada uma dessas árvores foi colocada uma mesma quantidade de sardinha, em óleo comestível, a altura do peito (Figura 1.3). Após

uma hora, as formigas presentes sobre as iscas foram coletadas durante um minuto, utilizando pinça e pincel.

A mesma quantidade de isca também foi colocada sobre papel branco com 10 cm x 12 cm e distribuídas sobre 20 arbustos ou árvores jovens com altura aproximada de um metro (Figura 1.4), próximos das respectivas árvores. A colocação das iscas foi realizada no horário entre 10:30h e 11:00h e permaneceram uma hora sobre a vegetação, como proposto por FREITAS *et al.* (2003).

Todos os espécimes coletados sobre as iscas foram acondicionados em tubos plásticos contendo álcool a 70%. Estes tubos foram levados para o laboratório e as formigas foram triadas, montadas, identificadas ao nível de gênero, morfoespeciadas e, quando possível, identificadas ao nível de espécie. Para a identificação das subfamílias, foi utilizada a chave dicotômica de BOLTON (2003) e para identificação em nível de gêneros, foi utilizada a chave dicotômica de BOLTON (1994). As morfoespécies foram identificadas por comparação com a Coleção Entomológica Costa Lima, do Instituto de Biologia da UFRRJ, onde o material testemunho será depositado.



**Figura 1.3.** Isca de sardinha em óleo no tronco de uma árvore.



**Figura 1.4.** Isca de sardinha em óleo sobre um arbusto.

### 2.3 Análise Estatística

Os dados foram analisados utilizando a frequência de ocorrência das espécies em cada fragmento como medida de abundância. Foi obtida a riqueza de espécies de formigas e o número de espécies exclusivas em cada ambiente. Também foi calculado o índice de diversidade Shannon-Wiener, através do programa Past (HAMMER *et al.*, 2001).

Para a comparação entre a abundância nos diferentes estratos florestais, foi utilizado o teste T de Student, através do programa Past. A riqueza de espécies total de formigas foi estimada através do estimador Chao 2, com o programa EstimateWin7.52. Para avaliar a eficiência da quantidade de amostras utilizadas, foram construídas curvas de acumulação com 100 aleatorizações, através do programa Estimate Win752 (COLWELL *et al.*, 2004).

Foi observada a frequência de espécies raras e comuns de formigas em duas escalas espaciais (presente em uma ou duas iscas = raro localmente; presente em um ou dois fragmentos = raro regionalmente; presente em duas ou mais iscas = comum localmente; presente em dois ou mais fragmentos = comum regionalmente).

A análise de similaridade foi realizada através de um MDS, utilizando o índice de Bray-Curtis, através do programa Systat 11, a fim de verificar diferenças entre a fauna de formigas do estrato arbustivo e do arbóreo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Riqueza de Espécies

Foi coletado um total de 73 espécies de formigas distribuídas em 20 gêneros e seis subfamílias: Myrmicinae (33 espécies), Dolichoderinae (15 espécies), Formicinae (12 espécies), Pseudomyrmecinae (7 espécies), Ponerinae (3 espécies), Ectatomminae (2 espécies) e Ecitoninae (1 espécie) (Tabela 1.2). A subfamília Myrmicinae caracteriza-se como a mais diversificada, tanto em âmbito regional quanto global (HÖLLODBLER & WILSON, 1990), já que mais de 45% das espécies e mais de 52% dos gêneros de Formicidae pertencem à esta subfamília (BOLTON, 1995).

*Pheidole* foi o gênero com maior riqueza de espécie (13), seguido de *Linepithema* (9), *Solenopsis* (8), *Pseudomyrmex* (7) e *Brachymyrmex* (6). Vários estudos têm demonstrado que é comum o predomínio de espécies do gênero *Pheidole* (VASCONCELOS & VILHENA, 2006; DELABIE *et al.*, 2000; ANDERSEN, 1991). Este gênero possui ampla tolerância às mudanças físicas do ambiente (ANDERSEN, 1991) e também está associado tanto a serapilheira quanto a vegetação (ANDRADE & URBANI, 1999; WILSON, 2003). Além disso, espécies de *Pheidole* exploram vastamente o ambiente e são conhecidas por seu hábito generalista (SILVESTRE & SILVA, 2001).

*Linepithema* é considerado um gênero dominante em vários habitats. Suas espécies são abundantes, ativas, agressivas e comuns em áreas abertas, exercendo forte influência competitiva sobre outras formigas (KING *et al.*, 1998; SILVA & BRANDÃO, 1999). Também são conhecidas por apresentarem características arborícolas, porém com nidificação no solo (MARCHIORETTO & DIEHL, 2006).

Assim como *Pheidole*, o gênero *Solenopsis* tende a ser predominante em todos os ecossistemas terrestres, uma vez que as espécies que constituem este gênero toleram bem as mudanças ambientais (ANDERSEN, 1991). As espécies de *Solenopsis* estão entre as mais agressivas na disputa por recursos (MARINHO *et al.*, 2002). Já o gênero *Brachymyrmex* possui espécies de formigas que são sensíveis às perturbações ambientais (DELABIE *et al.*, 2000), o que explica o fato deste ter apresentado uma menor riqueza quando comparado aos outros gêneros já citados.

**Tabela 1.2** Frequência de ocorrência de espécies de formigas na Reserva Biológica do Tinguá (número 1) e em fragmentos florestais do Município de Vassouras (números de 2 a 9); estação (S = seca, C = chuvosa) e estrato (Sb = arbustivo, Tr = arbóreo) do registro.

<b>Espécies</b>	<b>Iscas ocupadas</b>	<b>Estações</b>	<b>Estrato</b>	<b>Ambientes</b>
<b>MYRMICINAE</b>				
<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus)	12	S/C	Sb/Tr	3,5, 6 e 8
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug)	4	S/C	Sb/Tr	5 e 6
<i>Cephalotes notatus</i> (Mayr)	1	S	Tr	9
<i>Crematogaster evallans</i> (Forel)	16	S/C	Sb/Tr	1 e 9
<i>Crematogaster</i> sp.1	16	S/C	Sb/Tr	5, 6, 8 e 9
<i>Crematogaster</i> sp.2	3	C	Sb/Tr	2
<i>Crematogaster</i> sp.3	2	C	Tr	5
<i>Crematogaster</i> sp.4.	2	C	Tr	9
<i>Cyphomyrmex major</i> (Forel)	1	C	Sb	1
<i>Pheidole gertrudae</i> (Forel)	4	S/C	Sb/Tr	4 e 6
<i>Pheidole</i> sp.1	25	S/C	Sb/Tr	1, 5 e 8
<i>Pheidole</i> sp.2	1	S	Sb	1
<i>Pheidole</i> sp.3	1	S	Tr	2
<i>Pheidole</i> sp.4	2	S/C	Sb/Tr	2, 7 e 9
<i>Pheidole</i> sp.5	16	S/C	Sb/Tr	2, 3,6, 7 e 8
<i>Pheidole</i> sp.6	1	C	Sb	3
<i>Pheidole</i> sp.7	2	C	Tr	4
<i>Pheidole</i> sp.8	2	C	Sb	7
<i>Pheidole</i> sp.9	2	C	Sb/Tr	5 e 7
<i>Pheidole</i> sp.10	1	C	Sb/Tr	7
<i>Pheidole</i> sp.11	1	C	Tr	6
<i>Pheidole</i> sp.12	2	C	Sb	7
<i>Procryptocerus montanus</i> (Kempf)	2	S/C	Tr	1 e 2
<i>Procryptocerus</i> sp.1	2	S/C	Tr	5
<i>Solenopsis</i> sp.1	12	S/C	Tr	1 e 7
<i>Solenopsis</i> sp.2	17	S/C	Sb/Tr	1, 2, 3, 4, 7 e 8
<i>Solenopsis</i> sp.3	14	S/C	Sb/Tr	3, 5, 6, 7 e 8
<i>Solenopsis</i> sp.4	8	C	Sb/Tr	1 e 8
<i>Solenopsis</i> sp.5	1	C	Tr	7
<i>Solenopsis</i> sp.6	1	C	Tr	3
<i>Solenopsis</i> sp.7	2	C	Sb/Tr	7
<i>Solenopsis</i> sp.8	1	C	Tr	8
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger)	14	C	Sb/Tr	2, 6 e 7
<b>PONERINAE</b>				
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille)	1	C	Tr	7
<i>Pachycondyla venusta</i> (Forel)	1	C	Tr	5
<i>Pachycondyla villosa</i> (Fabricius)	2	C	Tr	1 e 5
<b>FORMICINAE</b>				
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	22	S/C	Sb/Tr	1, 2 7, 8 e 9
<i>Brachymyrmex</i> sp.2	6	S/C	Sb/Tr	1

(Continua)

**Tabela 1.1.** Continuação

<b>Espécies</b>	<b>Iscas ocupadas</b>	<b>Estações</b>	<b>Estrato</b>	<b>Ambientes</b>
<i>Brachymyrmex</i> sp.3	3	C	Sb/Tr	1
<i>Brachymyrmex</i> sp.4	2	C	Sb/Tr	1 e 4
<i>Brachymyrmex</i> sp.5	3	S/C	Tr	4
<i>Brachymyrmex</i> sp.6	1	S	Tr	7
<i>Camponotus fastigatus</i> (Roger)	20	S/C	Sb/Tr	2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9
<i>Camponotus crassus</i> (Mayr)	17	S/C	Sb/Tr	2, 3, 5, 6, 8 e 9
<i>Camponotus sericeiventris</i> (Guirin-Mineville)	26	S/C	Sb/Tr	2, 3, 4, 5 e 6
<i>Camponotus striatus</i> (Smith)	1	C	Tr	5
<i>Camponotus</i> sp.1	28	S/C	Sb/Tr	2, 3, 5, 6, 8 e 9
<i>Myrmelachysta</i> sp.	19	S/C	Sb/Tr	2, 3, 5, 7, 8 e 9
<b>ECTATOMMINAE</b>				
<i>Ectatomma edentatum</i> (Roger)	3	C	Sb	7 e 8
<i>Gnamptogenys próx. porcata</i> (Emery)	2	C	Tr	1 e 2
<b>DOLICHODERINAE</b>				
<i>Azteca</i> sp.1	33	S/C	Sb/Tr	2, 3, 5, 8 e 9
<i>Azteca</i> sp.2	3	S	Sb/Tr	5
<i>Azteca</i> sp.3	1	C	Sb/Tr	9
<i>Dolichoderus attelaboides</i> (Fabricius)	3	C	Sb/Tr	6
<i>Linepithema iniquum</i> (Mayr)	16	S/C	Sb/Tr	2, 3, 4, 6 e 9
<i>Linepithema</i> sp.1	2	C	Sb/Tr	2 e 7
<i>Linepithema</i> sp.2	3	S/C	Sb/Tr	2 e 7
<i>Linepithema</i> sp.3	11	S/C	Sb/Tr	4 e 8
<i>Linepithema</i> sp.4	1	S	Tr	4
<i>Linepithema</i> sp.5	3	S/C	Sb/Tr	6 e 7
<i>Linepithema</i> sp.6	1	S	Tr	6
<i>Linepithema</i> sp.7	1	S	Tr	8
<i>Linepithema</i> sp.8	1	C	Sb	8
<i>Tapinoma atriceps</i> (Emery)	5	S	Sb	6 e 9
<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius)	1	S	Sb	7
<b>PSEUDOMYRMICINAE</b>				
<i>Pseudomyrmex schuppi</i> (Forel)	13	S/C	Sb/Tr	3, 4, 5, e 9
<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius)	1	C	Sb	9
<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	2	S/C	Sb	2 e 5
<i>Pseudomyrmex</i> sp.2	2	C	Tr	2 e 4
<i>Pseudomyrmex</i> sp.3	1	C	Sb	3
<i>Pseudomyrmex</i> sp.4	1	S	Tr	3
<i>Pseudomyrmex</i> sp.5	11	S/C	Sb/Tr	5 e 6
<b>ECITONINAE</b>				
<i>Labidus</i> sp.	1	S	<u>Sb</u>	2

\* Os ambientes de Mata Atlântica estão representados por números, seguindo uma ordem decrescente de tamanho por hectare: Reserva Biológica do Tinguá, 24.903 ha (1), 780 ha (2), 53,44 ha (3), 35,53 ha (4), 31,2 ha (5), 27,89 ha (6), 6,0 ha (7), 5,96 ha (8) e 3,55 ha (9).

Foram amostradas 17 espécies pertencentes somente ao estrato arbustivo. Os gêneros de formigas mais representativos desta vegetação foram *Pheidole*, *Brachymyrmex*, *Ectatomma*, *Azteca*, *Linepithema* e *Tapinoma*.

As espécies de formigas amostradas somente no estrato arbóreo somaram 28. Os gêneros mais representativos nesse estrato foram *Cephalotes*, *Crematogaster*, *Pheidole*, *Procryptocerus* e *Solenopsis*. A espécie *Cephalotes atratus* é normalmente encontrada nas fendas da casca de árvores vivas ou mortas (FOREL, 1912). *Cephalotes pusillus*, possui hábito diurno, constrói ninhos em galhos de árvores e arbustos ou em caules ocos e, além disso, também frequentam plantas com nectários extraflorais (DEL-CLARO *et al.*, 2002). *Crematogaster evallans* é encontrada em habitats de floresta úmida (LONGINO, 2011).

Os demais gêneros ocorreram em ambos os estratos florestais. A espécie *Linepithema iniquum* é uma formiga tipicamente arborícola, pois há registros de ninho tanto em galhos mortos quanto em árvores vivas (WHEELER, 1908). Esse mesmo autor relata que no sul do Brasil, esta espécie raramente é coletada em serapilheira. Já *Tapinoma melanocephalum* é uma espécie generalista tropical, introduzida em todo o mundo. Embora mais frequentemente encontrada nos ambientes domésticos, ela também forrageia sobre a vegetação em ambientes perturbados (LONGINO, 2011).

*Cephalotes*, *Dolichoderus* e *Pseudomyrmex* são gêneros tipicamente associados aos estratos arbustivo-arbóreo, sendo registrados com ninhos na vegetação (BROWN, 2000). *Pheidole* e *Cephalotes* são também associados à vegetação (CAMPOS *et al.*, 2008), *Camponotus* e *Ectatomma* forrageiam e nidificam no solo, no entanto, algumas espécies podem ser encontradas na vegetação (VASCONCELOS & VILHENA, 2006). Dentre estas está *Camponotus sericeiventris*, que costuma visitar nectários extraflorais e possui ninhos presentes em cavidades de troncos ou galhos de árvores. *Camponotus striatus* vive em habitats mais abertos. Muitas vezes, seus ninhos são encontrados em caules das trepadeiras, ramos mortos na vegetação rasteira baixa ou bordas de pastagem. *Camponotus fastigatus* habita florestas úmidas e é associada a florestas maduras. É encontrada forrageando desde vegetação baixa até em copas de árvores, além de visitar nectários extraflorais (LONGINO, 2011).

Considerando-se que o presente estudo amostrou apenas as formigas encontradas sobre a vegetação e usando apenas uma técnica de coleta, a riqueza de espécies encontrada (73 espécies) pode ser considerada elevada. Autores como SILVESTRE & SILVA (2001), ao pesquisarem formigas do Cerrado, utilizando o extrator Winkler, iscas de sardinha na

serapilheira e na vegetação, além de coletas manuais, coletaram 123 espécies. Ainda neste mesmo bioma, CAMPOS *et al.* (2008) encontraram 28 espécies no estrato arbóreo e apenas 16 espécies no estrato arbustivo utilizando-se armadilhas do tipo *pitfall*. VASCONCELOS & VILHENA (2006) obtiveram 148 espécies e 28 gêneros utilizando isca de sardinha na serrapilheira e no estrato arbustivo na floresta Amazônica e no cerrado. CASTRO *et al.* (1990) encontraram 82 morfoespécies com iscas de sardinha dispostas sobre a serapilheira e e vegetação em áreas em sucessão. RIBAS *et al.* (2003) amostraram 133 espécies de formigas arborícolas utilizando armadilha combinada com sardinha e mel, além da coleta manual. MARQUES & DEL-CLARO (2006) encontraram 72 espécies utilizando isca de sardinha no solo e na vegetação. Normalmente, o número de espécies de formigas encontrado na serapilheira é superior ao encontrado sobre a vegetação (DELABIE *et al.*, 2003). Portanto, o número de espécies encontradas no presente estudo pode ser considerado elevado. Além disso, o estudo de formigas arborícolas inclui informações que trabalhos realizados somente em serapilheira não possuem. Um exemplo clássico é o estudo de WILSON (1987) que amostrou 26 gêneros e 43 espécies de formigas em uma única árvore. Isso revela o quão válido é realizar trabalhos enfocando a comunidade de formigas arborícolas.

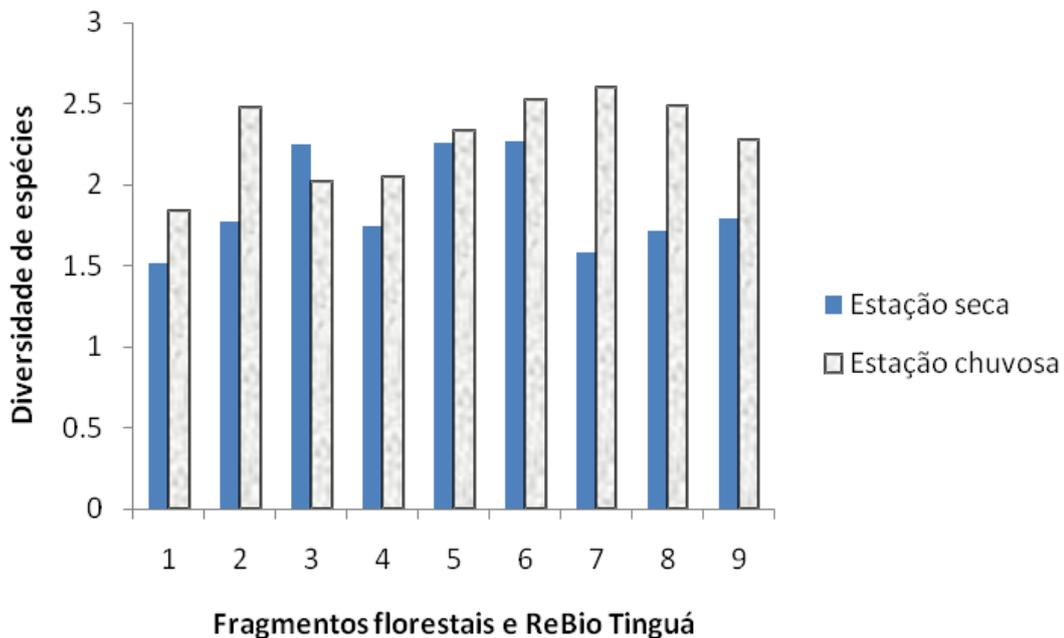
### 3.2 Análise da Mirmecofauna

O estrato arbóreo apresentou maior número de iscas visitadas por formigas e a diferença foi significativa ( $T = -2,51$ ;  $P = 0,012$ ) (Tabela 1.3). Apenas no fragmento 5 o resultado foi inverso. A diferença observada pode ser devido ao fato das formigas encontrarem melhores locais para nidificação e forrageamento nos troncos e galhos de árvores (RIBAS *et al.*, 2003), em relação aos arbustos.

**Tabela 1.3.** Número de iscas de sardinha visitadas por formigas nos estratos arbustivo e arbóreo das estações seca e chuvosa nos fragmentos florestais amostrados.

Fragmentos	Estação seca		Estação chuvosa	
	Estrato Arbustivo	Estrato Arbóreo	Estrato Arbustivo	Estrato Arbóreo
1	7	10	13	17
2	4	7	13	16
3	4	11	6	10
4	2	5	6	13
5	10	7	12	14
6	2	8	16	18
7	4	9	9	16
8	5	6	10	17
9	4	6	15	16

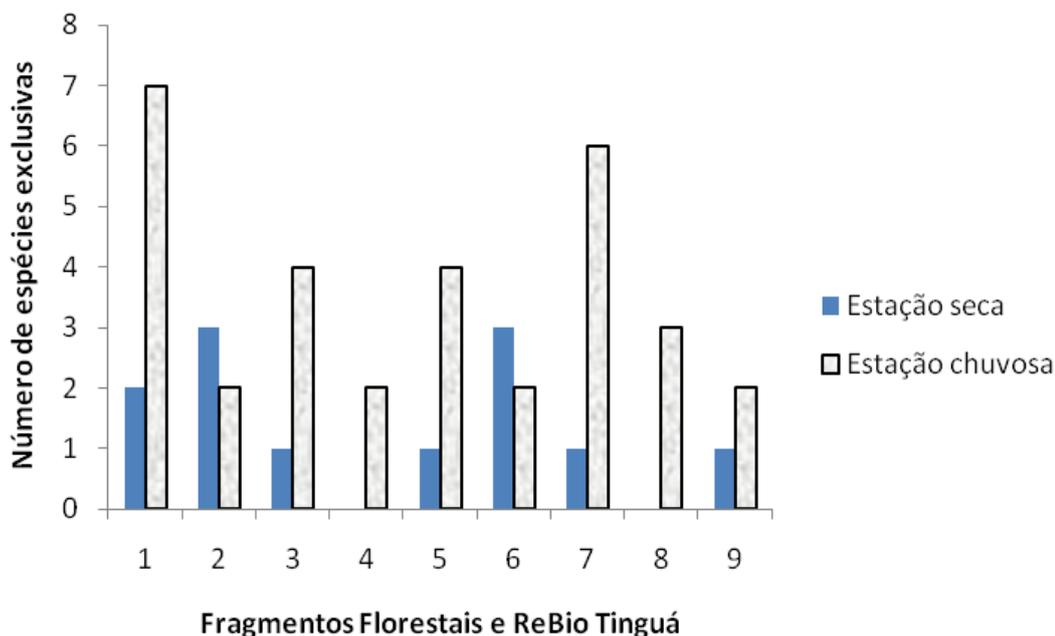
O uso de iscas de sardinha sobre a vegetação possibilitou registrar um maior número de espécies arborícolas, principalmente na estação chuvosa (Tabela 1.3). ROMERO & JAFFÉ (1989), já haviam demonstrado que a isca de sardinha é um método eficiente na realização de pesquisas com Formicidae. A diversidade de formigas também variou durante as estações estudadas (Figura 1.5). Isso pode ser explicado pelas diferenças nas médias de temperatura entre as estações da região onde ocorreram as coletas as temperaturas nos meses secos são mais baixas. Portanto, este resultado é esperado, uma vez que temperaturas mais baixas reduzem a atividade de forrageamento das formigas. Apenas o fragmento 3 apresentou exceção para esse resultado, pois mesmo com a coleta sendo realizada na estação seca, o clima foi atípico, apresentando temperaturas elevadas. Estudos mostram que poucas espécies de formigas são registradas em habitats mais frios, independentemente da altitude (RICO GRAY *et al.*, 1998). GONTIJO *et al.*, (2007) mencionam que algumas espécies podem exibir migrações sazonais não só na horizontal, se deslocando também na vertical, como em áreas mais altas ou baixas do dossel florestal, seja por busca de alimentos e refúgios ou por causa de variações de temperatura e umidade.



**Figura 1.5.** Índice de diversidade de Shannon-Wiener para a riqueza de espécies coletadas na estação seca e chuvosa dos fragmentos florestais de Vassouras e na ReBio Tinguá.

No geral, o índice de diversidade foi maior na estação chuvosa que na estação seca. Uma vez que o esforço amostral foi o mesmo, os resultados podem ser decorrentes de temperaturas mais elevadas na estação chuvosa. VARGAS *et al.* (2007) também encontraram uma importante variação entre as épocas de coleta. Estes autores obtiveram maior abundância e densidade de espécies de formigas na época mais quente e úmida. A umidade também é um fator que pode explicar as diferenças na abundância de insetos tropicais nas diferentes épocas do ano (WOLDA, 1978; LEVINGS, 1983). Enquanto a evapotranspiração é expressivamente maior no mês de março do que em agosto (MATTOS, 2005), justificando a tendência entre as estações. Diante desses fatos, é possível que as variações climatológicas locais tenham influenciado o comportamento das formigas arborícolas.

O número de espécies exclusivas variou expressivamente em relação às diferentes estações e ambientes estudados (Figura 1.6). Foram encontradas um total 12 espécies exclusivas na estação seca e 32 na chuvosa.

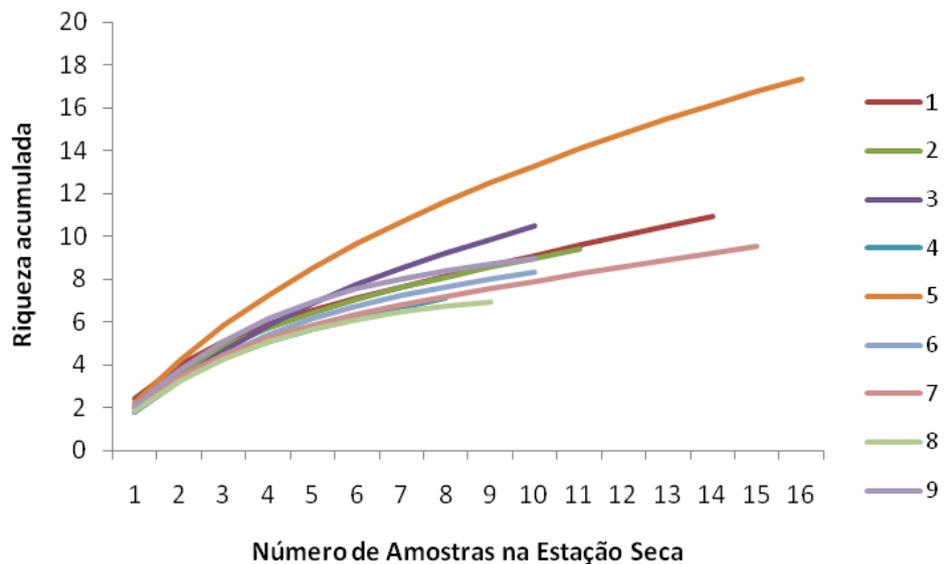


**Figura 1.6.** Número de espécies exclusivas encontradas nos fragmentos florestais de Vassouras e na ReBio Tinguá durante a estação seca e chuvosa.

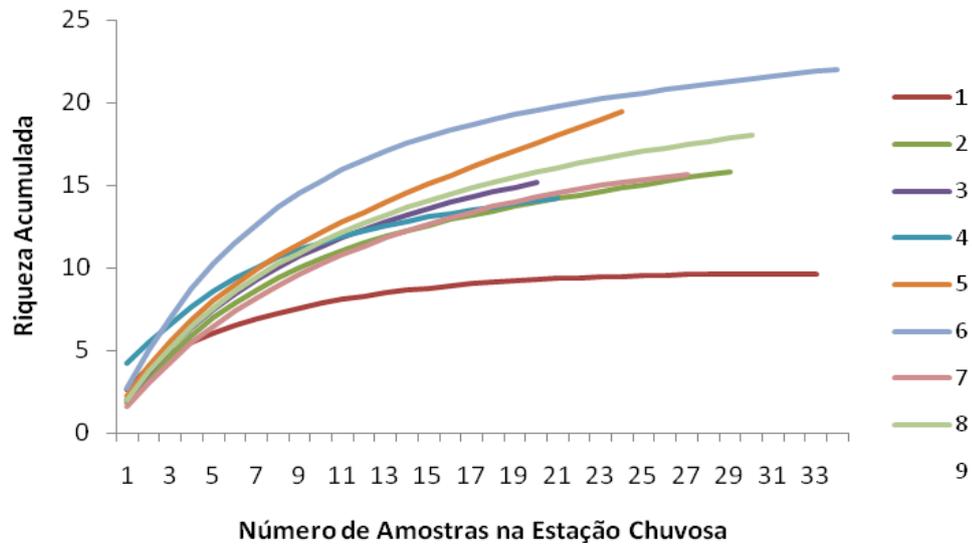
O número de espécies exclusivas foi maior durante a estação chuvosa. Os fragmentos com área de 24.903 ha e 5,96 ha foram os que obtiveram os maiores números, apresentando 7 e 6 espécies respectivamente. Já na estação seca os fragmentos de 780 ha e 27,89 ha tiveram três espécies exclusivas cada um. A ocorrência das demais espécies em todos os ambientes

sugere que as mesmas são capazes de adaptarem-se as diferentes condições climáticas e modificações do habitat. Portanto, podem ser consideradas espécies adaptadas às mudanças antrópicas.

A única curva de acumulação de espécies que apresentou assíntota evidente foi a obtida para a Reserva Biológica do Tinguá, na coleta realizada na estação chuvosa (Figuras 1.7 e 1.8). Como as formigas são um grupo de insetos muito diverso, normalmente é necessário um grande esforço amostral para que a assíntota seja atingida (SILVA & SILVESTRE, 2000).



**Figura 1.7.** Curvas de acumulação de espécies de formigas obtidas com o estimador Chao 2, com 100 aleatorizações, para os fragmentos florestais no Município de Vassouras e a Reserva Biológica do Tinguá, durante a estação seca.



**Figura 1.8.** Curvas de acumulação de espécies de formigas obtidas com o estimador Chao 2, com 100 aleatorizações, para os fragmentos florestais no Município de Vassouras e a Reserva Biológica do Tinguá, durante a estação chuvosa.

A não estabilização da curva de acumulação para comunidades de formigas é um evento comum e pode estar ligado à distribuição agregada das espécies, uma vez que estas vivem em colônias e, também, à raridade das mesmas em certos ambientes (SANTOS *et al.*, 2006).

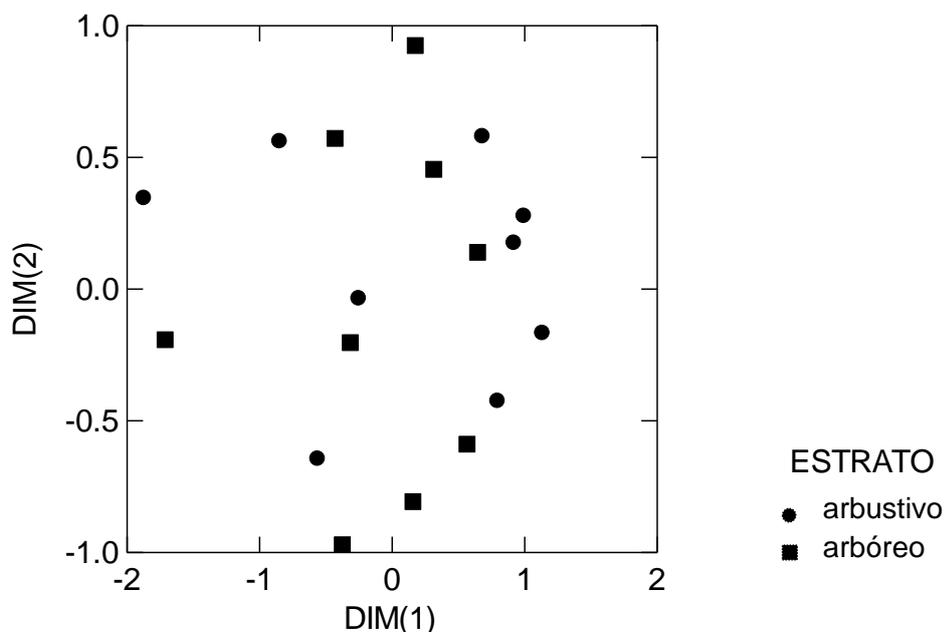
A grande proporção de espécies presentes em ambos os estratos (38,4%), pode ser devido à alta mobilidade das formigas entre a vegetação para o exercício de forrageamento e nidificação. Neste caso, algumas espécies podem ser consideradas "turistas" nos estratos onde a colônia não é estabelecida (CAMPOS *et al.*, 2008). Este indicativo se dá devido a sua raridade em escala local e/ou regional (Tabela 1.4).

**Tabela 1.4** Frequência de espécies raras e comuns de formigas em duas escalas espaciais (1 ou 2 iscas = raro localmente; 1 ou 2 fragmentos = raro regionalmente; 2 ou mais iscas = comum localmente; 2 ou mais fragmentos = comum regionalmente).

Escala	Regional		
	Frequência		
Local	Raro	39 (53,42%)	05 (05,85%)
	Comum	08 (10,95%)	21 (28,76%)

A maioria das espécies amostradas (53,42%) teve frequência rara tanto local quanto regional, enquanto que 28,76% foram comuns nas duas escalas. Este resultado pode ser devido às características locais dos ambientes estudados. As perturbações dos fragmentos florestais são oriundas das pastagens ou sistemas agrícolas que os circundam. Além disso, estes se encontram em diferentes estágios sucessionais. Essa heterogeneidade dentro e entre os ambientes estudados explicaria a alta diversidade e a baixa frequência de ocorrência da maioria das espécies de formigas neste estudo (PIC, 2001). Segundo SANTOS *et al.* (2006), a diversificação de ambientes aumenta as vantagens de colonização de diversas espécies, devido a um maior número ou a uma maior disponibilidade local de sítios de nidificação, instalação de alguns outros grupos e existência de espécies “turistas”, uma vez que os fragmentos circundados por agroecossistemas tendem a receber esses tipos de espécies, aumentando ou diminuindo sua riqueza.

Os resultados de composição da fauna de formigas sugerem não haver uma clara estratificação na comunidade, sendo que as espécies de formigas que ocorreram nos arbustos e nas árvores não formam grupos distintos (Figura 1.9).



**Figura 1.9.** Análise de similaridade com índice de Bray-Curtis com a abundância das espécies, separados por estrato florestal dos oito fragmentos florestais no Município de Vassouras e na Reserva Biológica do Tinguá (stress = 0.20438; variância = 0.76251).

O padrão encontrado através da análise de ordenação pode ter sido influenciado por várias espécies dos gêneros *Camponotus* e *Linepithema* que foram registradas em altas frequências tanto nos arbustos quanto nas árvores. Ficou claramente demonstrado que a mirme-cofauna do estrato arbustivo nada mais é do que um subconjunto do estrato arbóreo (CAMPOS *et al.*, 2006), ou seja, as espécies que forrageiam no estrato arbóreo são, basicamente, as mesmas do estrato arbustivo. CAMPOS *et al.* (2006) obteve resultado similar ao do presente estudo amostrando formigas em Cerrado *stricto sensu*.

Nem todas as espécies registradas neste estudo são verdadeiramente arborícolas, ou seja, espécies que nidificam e/ ou forrageiam sobre árvores. Por exemplo, *Labidus* e *Solenopsis* não podem ser verdadeiramente arborícolas. Já outros gêneros, tais como *Azteca*, *Crematogaster*, *Pseudomyrmex*, *Cephalotes*, algumas espécies *Camponotus* e *Wasmannia* são tipicamente arbóreas (BROWN, 2000).

Em princípio, a riqueza de espécies de formigas obtida no presente trabalho é elevada, em comparação com os estudos que utilizaram mais de uma metodologia de coleta e amostraram vários estratos da floresta, incluindo a serapilheira. Além disso, o trabalho amostrou a fauna de formigas arborícolas em diferentes estações do ano, e pode evidenciar um aumento do forrageamento das mesmas, durante a estação chuvosa. Por isso, a não ser que seja um estudo comparativo, sugere-se a realização de coletas nos dos meses que abrangem a estação chuvosa, por supor que a comunidade de formigas será melhor representada.

#### 4 CONCLUSÕES

1- Para a região onde foi realizado o estudo, a amostragem na estação chuvosa pode proporcionar um maior conhecimento da composição das comunidades de formigas arborícolas, pois as espécies estão mais ativas e, assim, sua coleta é facilitada.

2- Não há uma clara estratificação na comunidade de formigas arborícolas, já que as espécies que ocorreram nos arbustos e nas árvores constituem um mesmo subconjunto.

3- Grande parte das espécies estudadas tem frequência rara tanto local quanto regional. Isto indica que existe diferença de perturbação entre os fragmentos. Este indicativo ressalta a importância de se conservar os fragmentos de Mata Atlântica. Uma vez que, por serem raras, estas espécies podem apresentar maior risco de extinção local.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN A. N. Responses of ground-foraging ant communities to three experimental fire regimes in a savanna forest of tropical Australia. **Biotropica**, V. 23, p. 575-585, 1991.
- ANDRADE, M. L.; URBANI, C. B. Diversity and adaptation in the ant genus *Cephalotes*, past and present. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Serie B. **Geologie und Paläontologie** n. 271, p. 889, 1999.
- BERNSTEIN, R.A. Foraging strategies of ants in response to variable food density. **Ecology**, V. 56, p. 213-219, 1975.
- BOLTON, B. **Identification guide to the ant genera of the world**. Massachusetts: Harvard University Press, 1994, p. 222.
- BOLTON, B. **Synopsis and classification of Formicidae**. Florida, Memoirs of the American Entomological Institute, 2003, p. 370.
- BRASIL, A. F. F.; BRASIL, F. C.; LEONI, M. S.; OSSOWICHI, T. M.; FORNI, R.R.; Turismo e degradação ambiental na cidade de Vassouras. In: II ENCONTRO INTERDISCIPLINAR DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, **Anais...**, 2007.
- BRIAN, M.V. **Social insects: ecology and behavioral biology**. London, Chapman and Hall, 1983, p. 377.
- BROWN, W. L., JR. **Diversity of ants**. In D. AGOSTI, J. D. MAJER, L. E. ALONSO.; T. R. SCHULTZ (Eds.). Standard methods for measuring and monitoring biodiversity, 2000, p. 45 - 79.
- BRÜHL, C.A.; G UNSALAN, G.; L INSENMAIR, K.E. Stratification of ants (Hymenoptera, Formicidae) in a primary rain forest in Sabah, Borneo. **Journal of Tropical Ecology**, V. 14, p. 285-297, 1998.
- CAMPOS, R. I; LOPES, C. T; MAGALHÃES, W. C. S; VASCONCELOS, H. L. Estratificação vertical de formigas em Cerrado *strictu sensu* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. **Iheringia**, V. 98, n. 3, p. 311-316, 2008.
- CAMPOS, R.I.; VASCONCELOS H.L.; RIBEIRO, S.P.; NEVES, F.S.; SOARES, J.P. Relationship between tree size and insect assemblages associated with *Anadenanthera macrocarpa*. **Ecography**, V. 29, p. 442-450, 2006.
- CASTRO, A. G.; QUEIROZ, M. V. B.; ARAÚJO, L. M. O papel do distúrbio na estrutura de comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, V. 34, p. 213. 1990.
- COLWELL, R. K.; RAHBEK, C.; GOTELLI, N. The mid-domain effect and species richness patterns: what have we learned so far? **American Naturalist**, n. 163, p: E1-E23, 2004.
- DEL CLARO, K.; BERTO, V.; RÉU, W. Effect of herbivore deterrence by ants on the fruit set on an extrafloral nectary plant, *Qualea multiflora* (Vochysiaceae). **Journal of Tropical Ecology**, V. 12, p. 887-892, 1996.

DELABIE J. H. C.; AGOSTI D.; NASCIMENTO I. C. **Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain Forest region.** In: AGOSTI D; MAJER J. D; ALONSO L.; SCHULTZ (eds) *Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests.* Cap. 1. School of Environmental Biology, Bulletin V.18, p.1-10, 2000.

DELABIE, J. H. C. Comunidades de formigas das árvores NAS formações florestais da América do Sul, com ênfase em Sudeste da Bahia. In: XVI SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, **Anais...**, Florianópolis, UFSC, 2003.

FOREL, A. Neotropiques formicidas. Parte I. **Ann. Soc. Entomol. Belg.** V. 56, p. 28-49, 1912.

FREITAS A. V. L; FRANCINI R. B; BROWNJR K. S. **Insetos como indicadores ambientais.** In: CULLEN JR. L; VALLADARES-PÁDUA C.; RUDRAN R. (eds) Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Editora da UFPR, Curitiba, Brasil, 2003, p. 125-151.

GONTIJO, A. B.; CASTRO, F. S.; ESTEVES, F. A.; ROCHA, W. D.; RIBEIRO, S. P. Distribuição de espécies de formigas de serrapilheira (Hymenoptera: Formicidae) em resposta a heterogeneidade ambiental em diferentes escalas. **Biológico**, V. 69, suplemento 2, p. 293-296, 2007.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Ver. 2.04. Disponível em: <<http://folk.uio.no/ohammer/past/>>. Acesso em: 31/10/2010.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants.** Belknap/Harvard University Press, Cambridge, England, 1990 p. 732.

IBGE. Cartas topográficas vetoriais escala 1:50.000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em novembro de 2009.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Mapa de vegetação do Brasil.** Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1993.

KALIF, A. B. K.; AZEVEDO-RAMOS, C.; MOUTINHO, P.; MALCHER, S. A. O. "The effect of logging on the ground-foraging ant community in eastern Amazonia". *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, V. 36, p. 1-5, 2001.

KING, J.; ANDERSEN, A.; CUTTER, A. Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia humid tropics. **Biodiversity and Conservation**, V. 2, n. 7, p. 1627-1638, 1998.

LEVINGS, S. C. Seasonal, annual and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: Some causes of patchy distributions. **Ecological Monographs**, V. 53, p. 435-455, 1983.

LEWINSOHN, T. M.; V. NOVOTNY.; BASSET, Y. Insects on plants: diversity of herbivore assemblages revisited. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic**, V. 36, p. 597-620, 2005.

LONGINO, J. T. **Ants of Costa Rica**. Disponível em: <<http://academic.evergreen.edu/projects/ants/AntsofCostaRica.html>> Acesso em: 02/03/2011.

LOZANO-ZAMBRANO, F. H.; ULLOA-CHACÓN, P.; ARMBRECHT, I. Hormigas: Relaciones Especies-Área en Fragmentos de Bosque Seco Tropical. **Neotropical Entomology**, V. 38, n. 1, p. 044-054, 2009.

MARCHIORETTO, A.; DIEHL, E. Distribuição espaciotemporal de uma comunidade de formigas em um remanescente de floresta inundável às margens de um meandro antigo do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS. **Acta Biologica Leopoldensia**, V. 28, n.1, p. 25-31, 2006.

MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHILINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de Cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, V. 3, n. 2, p. 187-195, 2002.

MARQUES, G. D. V.; DEL-CLARO, K. The ant fauna in a Cerrado area: the influence of vegetation structure and seasonality (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, USA, V. 47, n. 1, p. 235 – 252, 2006.

MATOS, C. L. V. **Caracterização climática de Restinga de Marambaia**, In: MENEZES L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAÚJO, D. S. D. Historia natural da Marambaia, Seropédica, Adur Editora, 2005, p.55-66.

NEVES, F. S.; BRAGA, R. F.; MADEIRA, B. G. Diversidade de formigas arborícolas em três estágios sucessionais de uma floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais. **Unimontes Científica**, V. 8, n. 1, 2006.

PIC, M. **Fatores locais estruturadores da riqueza de espécies de formigas arborícolas em Cerrado**. Tese (Doutorado em Entomologia) Universidade Federal de Viçosa, 2001.

RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H.; PIC, M.; SOARES, S. M. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. **Austral Ecology**. V. 28, p. 305-314, 2003.

RICO-GRAY, V.; GARCIA-FRANCO J. G.; PALACIOS-RIOS, M.; DIAZ-CASTELAZO, C.; PARRA-TABLA, V.; NAVARRO, J. A. Geographical and Seasonal Variation in the Richness of Ant-Plant Interactions in Mexico. **Biotropica**, V. 30, n. 2. p. 190-200. 1998.

ROMERO, H.; JAFFÉ, K. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera: Formicidae) in savannas. **Biotropica**, V. 21, n. 4, p. 348-352, 1989.

SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. N. C.; DIAS, N.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia, Série Zool.**, V. 96, n. 1, p. 95-101, 2006.

SILVA, R. R.; BRANDÃO, C. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como bioindicadores de qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. **Biotemas**, V. 12, p. 55-73, 1999.

SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. R. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Seara, Oeste de Santa Catarina. **Biotemas**, V. 13, p. 85-105, 2000.

SILVESTRE, R. R.; SILVA R. R. Guildas de formigas da estação ecológica de Jataí, Luiz Antônio – SP – Sugestões para aplicação de modelos de guildas como bioindicadores ambientais. **Biotemas**, V. 14, n.1, p. 37- 69, 2001

SOS MATA ATLÂNTICA. Projetos SOS - Sustentabilidade. 2006. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br>>. Acesso em: setembro/2010.

STEIN, S. J. **Vassouras: um município brasileiro do café, 1850-1900**. Tradução de Vera Bloch Wrobel. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1990.

STORK, N.E., ADIS, J.; DIDHAM, R.K. **Canopy Arthropods**. Chapman & Hall, London, 1997.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES A. J.; QUEIROZ, J. M.; SOUZA, G. O.; RAMOS, E. F. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, V. 36, n. 1, p. 028-037, 2007.

VASCONCELOS, H. L.; VILHENA, J. M. S. Species turnover and vertical partitioning of ant assemblages in the Brazilian Amazon: a comparison of forests and savannas. **Biotropica**, V. 38, n. 1, p. 100-106, 2006.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. **IBGE**, Departamento de Recursos Naturais e Recursos Ambientais. Rio de Janeiro, 1991, p. 124.

WHEELER, W. M. The ants of Porto Rico and the Virgin Islands. Bull. **American Museum of Natural History**, V. 24, p. 117-158, 1908.

WILKIE, D.; SHAW, E.; ROTBERG, F.; MORELLI, G.; AUZEL, P. Roads, development, and conservation in the Congo basin: Habitat disturbance and tropical rainforest mammals. **Conservation biology**, V. 6, n. 14, p. 1614-1622, 2000.

WILSON, E. O. The Arboreal Ant Fauna of Peruvian Amazon Forests: A First Assessment. **Biotropica**. V. 19, n. 3, p. 245-251. 1987.

WILSON, E.O. **Pheidole in the new world: a dominant, hyperdiverse ant genus**. Harvard University Press, Harvard, 2003.

WOLDA, H. Seasonal fluctuations in rainfall, food, and abundance of tropical insects. **Journal Anim. Ecology**, V. 47, p. 369-381, 1978.

## **CAPÍTULO II:**

### **HETEROGENEIDADE AMBIENTAL COMO PROCESSO REGULADOR DA RIQUEZA E DIVERSIDADE DE FORMIGAS ARBORÍCOLAS EM FRAGMENTOS DE MATA ATLANTICA**

## RESUMO

A fragmentação florestal é um processo antrópico que vem se agravando devido o desmatamento para expansão de áreas rurais e urbanização. Porém, é sabido que as florestas, em especial a Mata Atlântica, preservam grande riqueza de organismos, apesar de sua degradação. Dessa forma é importante a realização de estudos que contemplem este Bioma, a fim de obter mais informações a respeito da diversidade e composição de espécies, além dos efeitos da fragmentação do habitat sobre os organismos. As formigas (Hymenoptera: Formicidae) são consideradas importantes por ajudar a entender o papel de uma paisagem degradada como a Mata Atlântica. Por essa razão, o presente estudo tem como objetivo analisar o efeito da fragmentação florestal sobre a comunidade de formigas arborícolas, levando-se em consideração as características bióticas e abióticas dos fragmentos. O estudo foi realizado durante a estação seca de 2009 e a estação chuvosa de 2010, em oito fragmentos florestais do Município de Vassouras, Rio de Janeiro. Em uma parcela de 120 m<sup>2</sup>, 20 árvores com CAP entre 15 a 40 cm foram marcadas, sendo que as árvores distavam cerca de 10 metros entre si. Uma mesma quantidade de sardinha, em óleo comestível, foi colocada no tronco de cada uma das árvores e sobre papel branco, com 10 cm x 12 cm, distribuídas sobre 20 arbustos, próximos das respectivas árvores, a altura aproximada de 1 m. As iscas foram colocadas no horário entre 10:30h e 11:00h, permanecendo 1 hora sobre a vegetação. Para amostrar a estrutura da vegetação, foi utilizado o método do toque, a fim de verificar a densidade dos arbustos. Todas as árvores com CAP acima de 5 cm foram contadas e morfoespeciadas para se obter a densidade e a riqueza das mesmas. Foram obtidas em cada fragmento a porcentagem de cobertura do dossel. A fim de estudar a influência dos fatores abióticos, foram obtidas a temperatura e a umidade relativa do ar em 20 pontos dentro da parcela de cada fragmento. A variação de tamanho do fragmento não influenciou a riqueza de espécies de formigas numa escala local. As análises de regressão múltipla passo a passo para os dados da estrutura da vegetação e das variáveis ambientais dos fragmentos revelaram que a riqueza e a diversidade (H') de espécies de formigas dependeram, principalmente, da densidade de arbustos e árvores, embora toda a estrutura da vegetação tenha influenciado a comunidade de formigas. O padrão da diversidade de espécies de formigas arborícolas em fragmentos florestais foi influenciado pela complexidade e heterogeneidade ambiental. A relação entre a heterogeneidade ambiental e as espécies de formigas possibilita a compreensão e monitoramento das alterações antrópicas ocorridas nos fragmentos florestais.

**Palavras chave:** Fragmentação florestal, estrutura da vegetação, variáveis ambientais, riqueza e diversidade de espécies.

## ABSTRACT

Forest fragmentation is a man-made process that has been worsening due to deforestation and expansion of rural urbanization. However, it is known that forests, especially the Atlantic Forest, preserved the wealth of organisms, despite their degradation. Thus it is important to conduct studies that address this biome, in order to obtain more information about the diversity and species composition, beyond the effects of habitat fragmentation on organisms. The ants (Hymenoptera: Formicidae) are important for helping to understand the role of a degraded landscape as the Atlantic Forest. Therefore, this study aims to analyze the effect of forest fragmentation on the arboreal ant community, taking into account the biotic and abiotic characteristics of the fragments. The study was conducted during the dry season and rainy season of 2009, 2010, in eight forest fragments in the City of Vassouras, Rio de Janeiro. In a plot of 120 m<sup>2</sup>, 20 trees with CAP between 15 to 40 cm were marked, and the trees were far about 10 meters apart. The same amount of sardines in edible oil, was placed in the trunk of each tree and on white paper, 10 cm x 12 cm, distributed over 20 bushes near their trees, the approximate height of 1 m. The baits were placed in the schedule between 10:30 and 11:00, one hour remaining on the vegetation. To sample the vegetation structure, we used the method of touch, to verify the density of shrubs. All trees with CAP over 5 cm were counted and morphospecies to obtain the density and richness of them. Each fragment were obtained in the percentage of canopy cover. In order to study the influence of abiotic factors, we obtained the temperature and relative humidity at 20 sites within the portion of each fragment. The variation of fragment size did not influence the species richness of ants on a local scale. The multiple regression analysis step by step to the data of vegetation structure and environmental variables of the fragments revealed that the richness and diversity (H') of ant species depended mainly on the density of shrubs and trees, although the entire structure vegetation have influenced the ant community. The pattern of species diversity of arboreal ants in forest patches was influenced by the complexity and heterogeneity. The relationship between environmental heterogeneity and species of ants allows for understanding and monitoring of human changes that have occurred in forest fragments.

**Keywords:** Forest fragmentation, vegetation structure, environmental variables and diversity of species.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de antropização promovido pela expansão das fronteiras agrícola e urbana (LAMBIN *et al.*, 2003) causa não só a perda e a fragmentação das florestas tropicais, mas também a modificação da estrutura e da harmonia dos remanescentes, através do aumento de incêndios, exploração madeireira e outras atividades humanas (LAURANCE & COCHRANE, 2001; ALENCAR *et al.*, 2004; LAURANCE, 2004). Esse processo tem como uma de suas consequências a perda de áreas naturais importantes para a conservação da biodiversidade (ALTIERI, 1994) além de uma redução de riqueza de espécies.

Alguns estudos têm demonstrado que a qualidade do hábitat pode ser mais importante que o tamanho da área fragmentada no que diz respeito à composição e riqueza das espécies (FLEISHMAN *et al.*, 2002; SUMMERVILLE & CRIST, 2004). Por isso, é importante expandir o conhecimento dos fatores que podem influenciar a biodiversidade na Mata Atlântica (HARRISON & BRUNA, 1999; WALLINGTON *et al.*, 2005; LINDENMAYER *et al.*, 2006).

As causas que determinam a biodiversidade florestal são geralmente consideradas importantes para estruturação da comunidade de formigas (SAVOLAINEN & VEPSA, 1988; DESLIPPE & SAVOLAINEN, 1995). Por isso, vários trabalhos têm sido realizados com o intuito de avaliar a qualidade ambiental utilizando formigas (KASPARI & MAJER, 2000; ALONSO, 2000; MARINHO *et al.*, 2002; RAMOS *et al.*, 2003), de forma a se compreender o efeito das perturbações ocasionadas pelas constantes mudanças dos ecossistemas naturais sobre a diversidade desse grupo (MAJER, 1996).

A diversidade de organismos pode ser medida de várias formas e uma das mais utilizadas leva em consideração a abundância de indivíduos e a riqueza de espécies (RICKLEFS, 1996). A heterogeneidade ambiental é uma fonte de variação que influencia na manutenção, aumento ou diminuição da diversidade (MÜNZBERGOVÁ, 2004). A composição das espécies de formigas dentro das comunidades é influenciada pela distribuição dos recursos a serem explorados, e também pelas estratégias utilizadas por esses indivíduos para a sua obtenção (FOWLER *et al.*, 1991). Dessa forma, a coexistência de diferentes espécies em um mesmo hábitat irá depender do seu comportamento, preferências alimentares (MAJER, 1993), horários de forrageamento (MERCIER & DEJEAN, 1996; MERCIER *et al.*, 1998) e do seu papel ecológico dentro da comunidade.

É sabido que existem várias espécies de formigas que se adaptam bem a ambientes perturbados (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; ADIS, 1997), sendo as primeiras a

colonizar esses locais e, portanto, a presença dessas espécies indica a perturbação de um determinado hábitat. Por outro lado, outras espécies são afetadas negativamente pelos distúrbios ambientais podendo, inclusive, ser extintas localmente (ALONSO & AGOSTI, 2000).

Pequenos fragmentos florestais possuem grande valor na conservação da diversidade de formigas. Estas podem vir a adaptar-se a um ambiente hostil como os fragmentos florestais, mesmo que estes apresentem um número limitado de locais de nidificação (DAVIDSON & PATRELL-KIM, 1996; DAVIDSON, 1997).

A relação positiva entre a riqueza de formigas e a complexidade estrutural da vegetação tem sido sugerida por alguns autores (LEAL 2002, MARINHO *et al.* 2002). Isso ocorre porque hábitats mais heterogêneos disponibilizam maior variedade de recursos alimentares, sítios para nidificação, microclimas e interações interespecíficas (BENSON & HARADA 1988, HÖLLDOBLER & WILSON 1990). Em ambientes mais homogêneos, essa riqueza é reduzida. Seguindo essa relação, a “hipótese da heterogeneidade ambiental” prevê que a riqueza e a diversidade de espécies devem aumentar em ambientes mais complexos, pois, nesses, a oferta de nichos para as espécies é maior. (PIANKA, 1994).

Corroborando tal hipótese, estudos têm demonstrado que um aumento da riqueza de espécies arbóreas representa uma maior disponibilidade dos recursos para espécies de formigas generalistas, porque a riqueza de espécies de formigas e densidade arbórea estão relacionadas (WILSON, 1987; RICO-GRAY, 1998; RIBAS *et al.*, 2003; LOZANO-ZAMBRANO *et al.*, 2009). Portanto as formigas podem responder não só à riqueza e diversidade de espécies arbóreas, mas também ao aumento na disponibilidade dos recursos (densidade de árvores). A baixa disponibilidade dos recursos gera maior competição interespecífica e exclusão. Enquanto que a alta disponibilidade dos recursos diminui a competição interespecífica, permitindo a coexistência de mais espécies de formigas. Uma maior densidade também pode resultar em mudanças ambientais dentro do hábitat. A diversidade da vegetação determina a natureza da comunidade de formiga, na medida em que a diversidade da vegetação é impulsionada por fatores abióticos (RICO-GRAY, 1998). Os fragmentos de maior cobertura, por exemplo, possuem menor temperatura e variação da umidade (RIBAS *et al.*, 2003). Uma vez que este evento é responsável pela mudança do microclima no interior do fragmento.

Portanto, a luminosidade, a temperatura, a umidade relativa, a chuva e o vento, são variáveis ambientais que podem alterar a sobrevivência e o comportamento desses organismos

(DAJOZ, 2000). Tais mudanças no interior de uma floresta variam em consequência dos efeitos de borda (PRIMACK & RODRIGUES, 2002). Modificações do microclima florestal interferem na estrutura do hábitat e, segundo LEVINGS (1983), podem afetar a abundância de formigas nas florestas tropicais.

Por este motivo, o objetivo do presente estudo é analisar os efeitos da fragmentação florestal sobre a comunidade de formigas arborícolas. Para isso, levantaram-se duas hipóteses: (I) Quanto maior o tamanho do fragmento florestal, maior a riqueza de espécies de formigas arborícolas; (II) A comunidade de formigas arborícolas é afetada positivamente pela heterogeneidade ambiental.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

O trabalho foi realizado durante a estação seca de 2009 e a chuvosa de 2010, em fragmentos florestais do município de Vassouras (22°24'14"S; 43°39'45"W), Rio de Janeiro. A paisagem é dominada por pastagens (60,2%) e em menor parcela por mata nativa (35,3%). A cidade de Vassouras se encontra a 437 m de altitude e, conforme a classificação Köppen, seu clima é Cwb, temperado úmido, com inverno seco e chuvas no verão.

Foram amostrados oito fragmentos florestais com áreas variando de 780 ha a 3,55 ha. Estes ambientes possuem fisionomia vegetacional classificada como floresta ombrófila densa, inserida no domínio da Mata Atlântica *sensu lato* (IBGE, 1993). Esta formação tem fisionomia caracterizada como mata perenifólia, ou seja: sempre verde com dossel variando de 20 a 60 m de altura. Possui densa vegetação arbustiva, composta por samambaias, arborescentes, bromélias, palmeiras, trepadeiras e epífitas (SOS MATA ATLÂNTICA, 2006).

### 2.2 Amostragem da Mirmecofauna

Em cada ambiente, foi demarcada uma parcela de 30m x 40m, subdividida em 3 parcelas menores de 10m x 40m. As parcelas foram marcadas sempre a 50 m do limite do fragmento, para evitar possíveis efeitos de borda.

Vinte árvores, com CAP entre 15 a 40 cm, foram marcadas no interior de cada parcela a uma distância de 10 metros uma das outras, totalizando 20 pontos de amostragem. No tronco de cada uma dessas árvores foi colocada uma mesma quantidade de sardinha, em óleo comestível, a altura do peito. Após uma hora, as formigas presentes sobre as iscas foram coletadas durante um minuto, utilizando pinça e pincel.

A mesma quantidade de isca também foi colocada sobre papel branco, com 10 cm x 12 cm, e distribuídas sobre 20 arbustos, próximos das respectivas árvores, a altura aproximada de um metro. A colocação das iscas foi realizada no horário entre 10:30h e 11:00h e permaneceram uma hora sobre a vegetação, como proposto por FREITAS *et al.* (2003).

Todos os espécimes coletados foram acondicionados em tubos plásticos contendo álcool a 70%. Estes tubos foram levados para o Laboratório de Ecologia e Conservação, no Departamento de Ciências Ambientais, Institutos de Florestas da Universidade Federal do Rio de Janeiro. As formigas foram triadas, montadas, identificadas ao nível de gênero,

morfoespeciadas e, quando possível, identificadas ao nível de espécie. Para a identificação dos gêneros, foi utilizada a chave dicotômica de BOLTON (1994).

### **2.3 Amostragem da estrutura vegetacional**

Para amostrar a densidade das espécies arbustiva, foi utilizado o método do toque, também conhecido como método dos pontos (MANTAVANI & MARTINS, 1990). Este método é recomendável para ambientes onde predominam espécies de porte herbáceo, arbustivo e lianas (CASTELLANI & STUBBLINE, 1993), sendo de fácil aplicação e causando impacto relativamente baixo. O procedimento constitui em apoiar verticalmente uma vara graduada de um metro, registrando-se: as espécies, o número de vezes que a espécie toca na vara e a altura da planta. Este procedimento foi realizado com os mesmos arbustos que continham as iscas de sardinha, totalizando 20 repetições.

Dentro de cada sub-parcela (10 m x 40 m), todas as árvores com diâmetro do tronco acima de 5 cm foram contadas e morfoespeciadas, com o objetivo de estimar a densidade e a riqueza arbórea.

A densidade de árvores foi considerada como disponibilidade dos recursos dentro da parcela. Enquanto a riqueza árvores dentro da parcela foi considerada um indicador da heterogeneidade ambiental, porque cada espécie pode representar um conjunto diferente de alimentos abrigos e recursos (RIBAS *et al.*, 2003).

Foi obtida, em cada fragmento, a porcentagem de cobertura do dossel. Essa variável foi coletada próximo das árvores que continham as iscas de sardinha, totalizando 20 pontos em cada fragmento florestal. Para obtenção desta, foi utilizado um quadrado de madeira de 50 cm x 50 cm (Quadrat), subdividido em quadrados de 10 cm x 10 cm com barbante, totalizando 25 quadrados internos (Figura 2.1). O quadrado de madeira era posicionado horizontalmente e acima da cabeça de um único observador para estimar a porcentagem de subdivisões fechadas pela vegetação (ALMEIDA & CORTINES, 2008).

### **2.4 Variáveis Ambientais**

A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas com o auxílio de um termohigrômetro (Figura 2.2). Os dados foram coletados nos oito fragmentos estudados, uma vez por estação, sempre pela manhã, variando de 11h a 12h enquanto as iscas ficavam expostas.



**Figura 2.1.** Obtenção da porcentagem de cobertura do dossel com o Quadrat, Município de Vassouras, Rio de Janeiro, Brasil.



**Figura 2.2.** Leitura da temperatura e umidade relativa do ar com o termohigrômetro, Município de Vassouras, Rio de Janeiro, Brasil.

## 2.4 Análises estatísticas

Foi realizada uma análise de regressão linear entre a riqueza total de espécies de formigas e o tamanho dos fragmentos florestais. O fragmento de 780 ha foi omitido apenas desta análise “outline” porque seu tamanho se diferencia muito dos demais. Assim otimiza-se a visualização dos resultados.

Os dados da estrutura da vegetação e das variáveis ambientais foram submetidos a uma seleção para compor o método de Regressão Linear Passo a Passo (Step-Wise) Progressiva (VALENTIN, 2000), utilizando o programa BioEstat versão 5.0. Nesta análise, a variável resposta é selecionada e em seguida as variáveis explicativas vão sendo incorporadas ao cálculo. Os dados de umidade relativa do ar e porcentagem de cobertura de dossel foram transformados em arco-seno da raiz quadrada da umidade relativa do ar ou porcentagem de cobertura de dossel (ZAR, 1999).

No presente estudo foram utilizados dois tipos de variáveis dependentes, sendo elas os parâmetros ecológicos de riqueza de espécies (S) e o Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H'). O primeiro indicador representa o número total de espécies e o segundo leva em conta a riqueza de espécies e a proporção de indivíduos de cada espécie (MAGURRAN, 1988). Neste trabalho a proporção de indivíduos de cada espécie foi substituída pela frequência de ocorrência da espécie no local, medida pela razão entre o número de iscas ocupadas pela espécie e o número de iscas utilizado na área. Para todos estes indicadores ecológicos foram utilizados os valores totais e os obtidos em cada uma das estações estudadas. Para detectar os efeitos dos resultados significativos da Regressão Linear Passo a Passo, foram construídos Modelos Lineares.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Riqueza de espécies de formigas

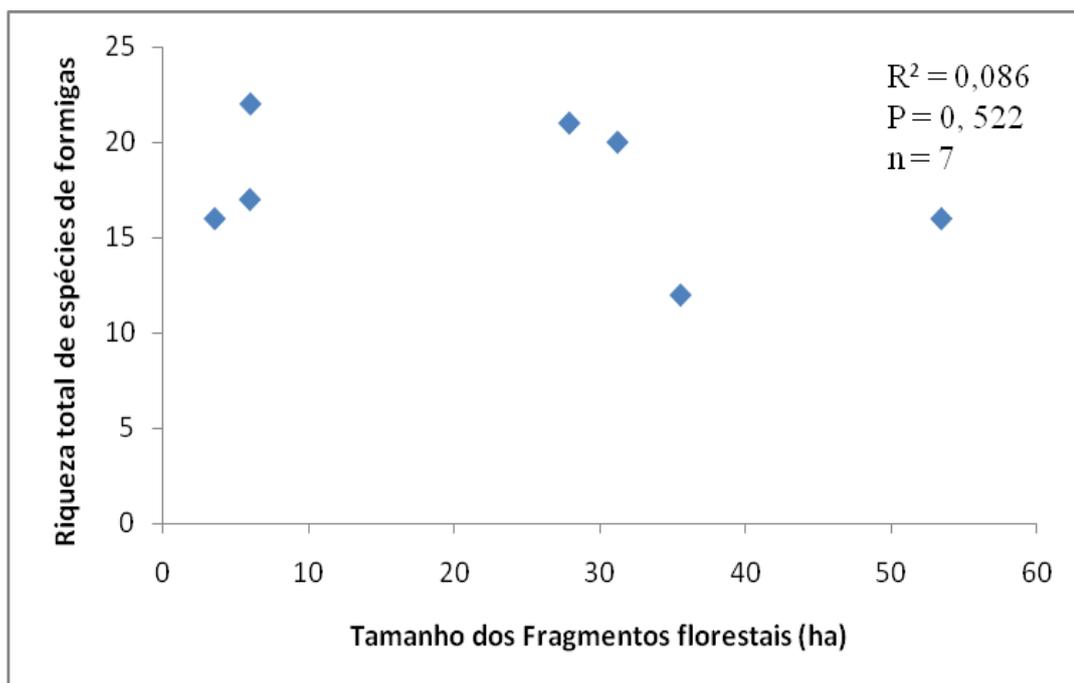
Baseado nos resultados da análise de similaridade, do Capítulo I, as informações da formigas coletadas nos estratos arbustivo e arbóreo foram reunidas.

Os fragmentos que tiveram maior número de espécies foram os de tamanho 6,0 ha, 27,9 ha e 780,0 ha com 22, 21 e 21 espécies de formigas, respectivamente (Tabela 2.1). Portanto, neste estudo, o tamanho do fragmento não influenciou a riqueza de espécies de formigas ( $P = 0.552$ ) (Figura 2.3). Isso indica que, as variações do tamanho dos fragmentos florestais analisados não foram capazes de influenciar a riqueza de espécies de formigas arborícolas numa escala local. Estudos como os de VASCONCELOS *et al.* (2001) e GOMES *et al.* (2010), não encontraram relação positiva quando analisaram a riqueza de formigas, em relação à área de fragmentos florestais. SANTOS *et al.* (2006) encontraram resultados similares aos dos autores já citados e por isso, levantaram a hipótese de que a área florestal tem pouca influência sobre a diversidade local de espécies de formigas. Segundo estes autores, isso pode ser um efeito das características internas dos fragmentos, que podem afetar a invasão ou a permanência de espécies de outras áreas, o que se sobrepõem à perda de espécies na área de mata, mantendo ou elevando a riqueza de espécies nos fragmentos independente do tamanho de sua área.

No entanto, há trabalhos que evidenciam o aumento da riqueza de espécies de formigas com o aumento da área dos fragmentos como BIEBER *et al.* (2006) em fragmentos da Mata Atlântica e LOZANO-ZAMBRANO *et al.* (2009) em fragmentos de bosque seco tropical. Estes autores sugerem que a diversidade de espécies pode estar relacionada à qualidade dos recursos em diferentes fragmentos. O conflito de resultados entre os estudos é gerado por uma extensa gama de técnicas de coletas e por características específicas das espécies vegetais locais. Ou seja, de acordo com a metodologia empregada e a estrutura da vegetação, os resultados podem variar.

**Tabela 2.1.** Riqueza de espécies de formigas coletadas nos fragmentos florestais do Município de Vassouras, Rio de Janeiro.

Fragmentos florestais	Tamanho (ha)	Riqueza de espécies
1	780,0	21
2	53,4	16
3	35,5	12
4	31,2	20
5	27,9	21
6	6,0	22
7	5,9	17
8	3,5	16



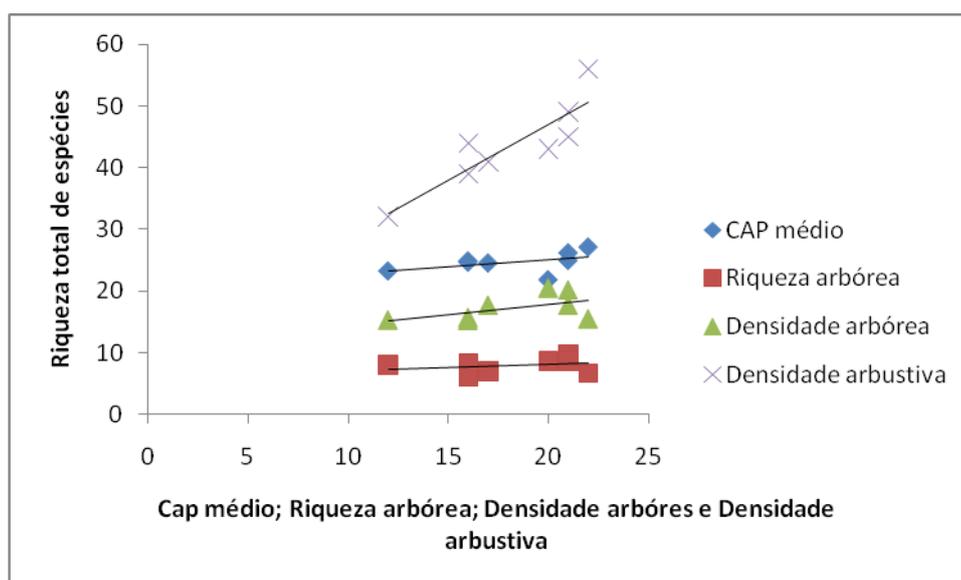
**Figura 2.3.** Análise de regressão linear entre a riqueza total de espécies e o tamanho dos fragmentos florestais do Município de Vassouras, RJ.

A análise de regressão linear passo a passo revelou que a riqueza de espécies de formigas dependeu, principalmente, da densidade de espécies arbustivas, que explicou 77,39% da variação (Tabela 2.2). Entretanto, quando a densidade de espécies arbóreas foi acrescentada, o coeficiente de determinação aumentou 18,75%, indicando que essa variável também é importante para explicar a variação da riqueza de espécies entre os fragmentos. Ainda para a riqueza total de espécies, o CAP médio das árvores e a riqueza de espécies arbóreas, quando adicionadas, aumentaram o coeficiente de determinação em apenas 0,58% e 0,15%, respectivamente, mas apresentaram relação significativa (Tabela 2.2). Todas essas variáveis foram positivamente relacionadas com a riqueza total de espécies de formigas arborícolas (Figura 2.4).

**Tabela 2.2.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A variável resposta é a riqueza total de espécies de formigas e os dados da estrutura da vegetação compõem as variáveis independentes.

Variáveis Independentes	R <sup>2</sup>	Variação R <sup>2</sup>	P-valor
5	77,39%	77,39%	0,0045
5, 4	96,14%	18,75%	0,0008
5, 4, 2	96,29%	0,15%	0,0043
5, 4, 2, 3	96,87%	0,58%	0,0135

\* Códigos das variáveis independentes: 2 é o CAP médio das árvores; 3 riqueza de árvores; 4 densidade de árvores e 5 densidade arbustiva.



**Figura 2.4.** Relação entre a riqueza total de espécies de formigas e o Cap médio, riqueza e densidade de árvores e densidade de arbustos.

Ao analisar a estrutura da vegetação e as variáveis ambientais utilizando-se a riqueza de formigas arborícolas obtida na estação seca (Tabela 2.3) e chuvosa (Tabela 2.4), verificou-se que no primeiro caso este indicador dependeu principalmente da umidade relativa do ar, porcentagem de cobertura de dossel e densidade arbustiva, que, quando juntas, explicaram 88,82% da variação da riqueza de espécies de formigas de modo significativo. A relação existente entre a riqueza de formigas arborícolas na estação seca com a umidade relativa do ar e a porcentagem de cobertura de dossel pode ter acontecido porque estas variáveis são correlacionadas. Isto pode indicar que algumas espécies são mais propícias a dominar ambientes com áreas de dossel mais aberto e baixa umidade relativa do ar. Várias espécies de formigas como as do gênero *Solenopsis* (MORRISON & PORTER, 2003) *Myrmelachista* e *Linepithema* (KING *et al.*, 1998; SILVA E BRANDÃO, 1999), são comumente encontradas em áreas abertas. Ainda para esta análise, a densidade arbustiva também foi relacionada à riqueza de formigas. No geral, este resultado é comum em estudos mirmecológicos que analisam a heterogeneidade da vegetação (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; LEAL, 2003).

**Tabela 2.3.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A variável resposta é a riqueza de espécies de formigas coletadas na estação seca e os dados da estrutura da vegetação compõem as variáveis independentes.

Variáveis Independentes	R <sup>2</sup>	Varição R <sup>2</sup>	p-valor
6	25,03%	25,03%	0,2054
6, 7	31,91%	6,88%	0,3837
6, 7, 5	88,82%	56,90%	0,0246
6, 7, 5, 4	91,76%	2,94%	0,0566
6, 7, 5, 4, 2	95,73%	3,98%	0,104
6, 7, 5, 4, 2, 3	96,28%	0,54%	0,3504

\* Códigos das variáveis independentes: 2 é o CAP médio das árvores; 3 riqueza de árvores; 4 densidade de árvores, 5 densidade arbustiva, 6 umidade relativa do ar na estação seca e 7 porcentagem de cobertura de dossel.

No segundo caso, nenhuma das variáveis do modelo explicou uma parcela estatisticamente significativa da variação na riqueza. Uma hipótese que pode ser levantada para explicar esse resultado é o fato das formigas serem afetadas por fatores como insolação, umidade do substrato, precipitação entre outras variações sazonais importantes para a determinação de sua riqueza que não foram testadas. Em geral, os efeitos da sazonalidade sobre a riqueza de espécies ainda é questão muito discutida no âmbito ecológico (WOLDA, 1998; KASPARI, 2000).

**Tabela 2.4.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A variável resposta é a riqueza de espécies de formigas coletadas na estação chuvosa e os dados da estrutura da vegetação compõem as variáveis independentes.

Variáveis Independentes	R <sup>2</sup>	Varição R <sup>2</sup>	p-valor
6	8,61%	8,61%	0,5146
6, 5	9,86%	1,25%	0,7727
6, 5, 7	33,52%	23,66%	0,6135
6, 5, 7, 4	42,59%	9,06%	0,7134
6, 5, 7, 4, 2	54,14%	11,55%	0,7845
6, 5, 7, 4, 2, 3	57,65%	3,51%	0,9211

\* Códigos das variáveis independentes: 2 é o CAP médio das árvores; 3 riqueza de árvores; 4 densidade de árvores, 5 densidade arbustiva, 6 umidade relativa do ar na estação chuvosa e 7 porcentagem de cobertura de dossel.

RIBAS *et al.* (2003) encontrou uma relação entre o aumento da complexidade estrutural do habitat e a riqueza de espécies de formigas, em especial, uma relação positiva e significativa entre a riqueza de espécies de formigas e a densidade de árvores no Cerrado. Fica evidente que, para estas espécies, a riqueza de árvores e arbustos proporciona um aumento da disponibilidade de alimento e locais para nidificação. No que diz respeito à alimentação encontrada no ambiente de Mata Atlântica, podemos citar os nectários extraflorais, “honeydew” de pulgões e presas que forrageiam sobre as árvores e arbustos (DAVIDSON 1997; OLIVEIRA & PIE 1998; BLÜTHGEN *et al.*, 2000; ORIVEL & DEJEAN 2001), enquanto ninhos podem estar localizados em partes vivas e/ou mortas da vegetação (ROCHA & BERGALLO 1992; FONSECA, 1999). A presença destes recursos que estão relacionados com a estrutura e arquitetura da vegetação são importantes para a comunidade de formigas arborícolas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). A elevada diversidade vegetal nas florestas tropicais, é uma característica interna que resulta em ambientes mais heterogêneos e com maior oferta de recursos, ajuda a explicar uma maior quantidade de espécies de formigas arborícolas (DEJEAN & CORBARA, 2003).

A circunferência a altura do peito é uma medida que pode informar sobre o estágio sucessional de uma floresta, podendo se relacionar com a riqueza de espécies de formigas (RICO-GRAY & CASTRO, 1996). A maior densidade de árvore pode estar relacionada com um aumento de área arbórea para o forrageamento das formigas. Esta densidade também pode resultar em mudança de condições abióticas dentro de um habitat, proporcionando maior cobertura de dossel, menor temperatura e variação da umidade (RIBAS *et al.*, 2003). Assim, as formigas podem responder não só a riqueza de espécies arbóreas, ou heterogeneidade

ambiental, mas também para o aumento geral na disponibilidade dos recursos (árvore densidade).

A densidade arbustiva está relacionada com a variação da fisionomia entre tipos vegetacionais (SCHMIDT *et al.*, 2005). A densidade da vegetação arbustiva também irá contribuir para o aumento da espessura da serapilheira que é considerado um importante habitat de nidificação, além de elevar a abundância de artrópodes de solo, que são presas dos formicídeos (HÖLLDOBLER & WILSON 1990; LEAL, 2003). Por isso, é importante que o habitat esteja em boas condições estruturais (RIBAS & SCHOEREDER, 2004) a fim de proporcionar um bom funcionamento de todo ecossistema.

Vários autores encontraram uma relação positiva entre a riqueza de formigas e a heterogeneidade estrutural da vegetação (RIBAS & SCHOEREDER, 2004; SCHMIDT *et al.*, 2007). A riqueza de árvores pode representar um ambiente mais heterogêneo, que apresenta uma maior diversidade de condições ambientais. Portanto, o aumento da heterogeneidade estrutural da vegetação em torno de uma área implica em um maior número de espécies de organismos presentes neste ambiente (RIBAS *et al.*, 2003). Esse resultado reforça a importância da diversidade ambiental para a comunidade de formigas arborícolas na Mata Atlântica brasileira.

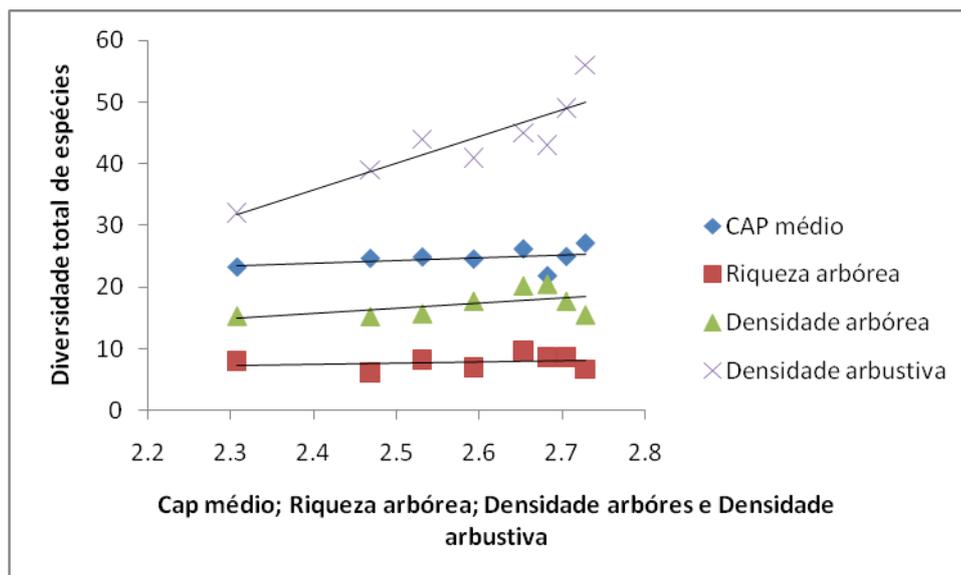
### 3.2 Diversidade de formigas

A análise de regressão linear passo a passo indicou que a diversidade total de espécies de formigas arborícolas também dependeu, principalmente, da densidade de espécies arbustivas e densidade de espécies arbóreas (Tabela 2.5). A riqueza arbórea e o CAP médio das árvores, quando acrescentadas, também apresentaram relação positiva e significativa (Figura 2.5).

**Tabela 2.5.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A variável resposta é a diversidade ( $H'$ ) total de espécies de formigas e os dados da estrutura da vegetação compõem as variáveis independentes.

Variáveis Independentes	$R^2$	Varição $R^2$	P-valor
5	76.85%	76,85%	0,0048
5, 4	96.40%	19,55%	0,0008
5, 4, 3	98.24%	1,84%	0,0017
5, 4, 3, 2	98.63%	0,39%	0,004

\* Códigos das variáveis independentes: 2 é o CAP médio das árvores; 3 riqueza de árvores; 4 densidade de árvores e 5 densidade arbustiva.



**Figura 2.5.** Relação entre a diversidade total de formigas e o Cap médio, riqueza e densidade arbórea e densidade arbustiva.

Ao analisar a estrutura da vegetação utilizando-se a diversidade de formigas arborícolas obtida na estação seca (Tabela 2.6) e chuvosa (Tabela 2.7), verificou-se que na primeira estação a variável que melhor explicou foi à umidade relativa do ar (73,20%) seguida pela riqueza arbórea, que quando acrescentada, também obteve resultado significativo ( $P = 0,029$ ). Em geral, a relação entre a riqueza de formigas na estação seca, é devido a baixas temperaturas e alta umidade do ar que criam várias restrições para as diferentes espécies de formigas, influenciando as suas atividades (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

**Tabela 2.6.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A variável resposta é a diversidade ( $H'$ ) de espécies de formigas coletadas na estação seca e os dados da estrutura da vegetação compõem as variáveis independentes.

Variáveis Independentes	$R^2$	Varição $R^2$	p-valor
6	73,20%	73,20%	0,0071
6, 3	75,88%	2,68%	0,0293
6, 3, 2	78,54%	2,66%	0,0811
6, 3, 2, 4	79,39%	0,85%	0,2044
6, 3, 2, 4, 7	94,86%	15,47%	0,1243
6, 3, 2, 4, 7, 5	98,91%	4,05%	0,2001

\* Códigos das variáveis independentes: 2 é o CAP médio das árvores; 3 riqueza de árvores; 4 densidade de árvores, 5 densidade de vegetação arbustiva, 6 umidade relativa do ar na estação seca e 7 porcentagem de cobertura de dossel.

Na análise realizada com a diversidade de espécies obtidas na estação chuvosa (Tabela 2.7), as variáveis que melhor explicaram o padrão deste indicador foram à umidade relativa do ar e a densidade arbustiva. A temperatura e umidade relativa do ar apresentam variações opostas. Isto é, à medida que se eleva a temperatura observa-se redução na umidade relativa do ar, e conseqüentemente nota-se um aumento da diversidade de formigas.

**Tabela 2.7.** Regressão linear passo a passo (Step-Wise) progressiva. A variável resposta é a diversidade ( $H'$ ) de espécies de formigas coletadas na estação chuvosa e os dados da estrutura da vegetação compõem as variáveis independentes.

Variáveis Independentes	R <sup>2</sup>	Varição R <sup>2</sup>	p-valor
6	58,79%	58,79%	0,0259
6, 5	70,18%	11,40%	0,049
6, 5, 2	72,44%	2,26%	0,1293
6, 5, 2, 4	81,53%	9,09%	0,1763
6, 5, 2, 4, 7	86,63%	5,10%	0,2989
6, 5, 2, 4, 7, 3	88,02%	1,39%	0,4043

\* Códigos das variáveis independentes: 2 é o CAP médio das árvores; 3 riqueza de árvores; 4 densidade de árvores, 5 densidade de vegetação arbustiva, 6 umidade relativa do ar na estação chuvosa e 7 porcentagem de cobertura de dossel.

Variáveis como densidade e riqueza de plantas são muito relevantes para a comunidade de formigas arborícolas, uma vez que estes organismos são diretamente influenciados pela estrutura da vegetação (HÖLLBDOBLER & WILSON, 1990). O padrão de relação entre a complexidade do hábitat e a diversidade de espécies animais também foi verificado por TEWS *et al.*, (2004). Fatores abióticos são de grande importância para a distribuição e densidade das espécies (SOARES & SCHOEREDER, 2001; SANDERS *et al.*, 2003; ALBUQUERQUE *et al.*, 2005; MORRISON *et al.*, 2005). Esses fatores quando em conjunto, determinam o microclima do fragmento florestal. Como a mirmecofauna é alterada por mudanças climáticas que pode vir a oferecer melhores condições e disponibilidade de recursos, além de ser um determinante da presença ou ausência de algumas espécies (LEVINGS, 1983, KASPARI, 2000). Além disso, é devido a sua sensibilidade às mudanças no ambiente e sua relação com a estrutura das comunidades de outros organismos que fazem das formigas potenciais indicadores ambientais (FREITAS *et al.*, 2006). Porém, como foi observado no pre-

sente estudo, a variação do clima entre as estações seca e chuvosa são determinantes na composição da riqueza e diversidade de formigas.

É importante notar que a diversidade ( $H'$ ) de formigas teve uma relação significativa com a riqueza de árvores, que pode estar relacionada à heterogeneidade de recursos e com a densidade arbustiva, relacionada à disponibilidade de recursos. Isso nos remete a um fato já conhecido, a respeito das condições estruturais das florestas tropicais, ao proporcionar maior diversificação de sítios de nidificação e maior número de microhábitats para a fauna de formigas (HÖLLBDOBLER & WILSON, 1990). Consequentemente, a ampliação de novos nichos em função da maior heterogeneidade do hábitat proporciona melhores condições para o aumento da diversidade. As formigas utilizam vários tipos de recursos alimentares em todos os ambientes da floresta, portanto elas são bons modelos para trabalhos que abordem diferentes categorias da diversidade (BRUHL et al., 1998).

O presente estudo mostrou a importância da estrutura vegetacional como um conjunto de fatores agindo em escala local, na determinação da riqueza e diversidade de espécies de formigas arbóreas. No entanto, fatores abióticos também podem atuar sobre esta mesma escala, uma vez que em áreas com maior densidade de árvores é esperado haver uma diminuição da quantidade de incidência solar, resultando em temperaturas mais baixas e maior umidade relativa. Além disso, a compreensão sobre a homogeneidade ou heterogeneidade ambiental a partir da composição de espécies de formigas arborícolas é fundamental para possibilitar a análise e monitoramento das alterações antrópicas ocorridas nos fragmentos florestais. Isto reforça a importância da diversidade ambiental para a comunidade de formigas arbóreas na Mata Atlântica brasileira

## 4 CONCLUSÕES

- 1- As variações do tamanho dos fragmentos florestais analisados explicaram a riqueza de espécies de formigas arborícolas numa escala local.
- 2- Os resultados mostraram que a densidade de arbustos e de árvores, além da riqueza de espécies de árvores, foram as variáveis que mais influenciaram a riqueza de espécies de formigas.
- 3- O padrão da diversidade de espécies de formigas arborícolas em fragmentos florestais é influenciado pela heterogeneidade da vegetação.
- 4- A relação entre a heterogeneidade ambiental e as espécies de formigas pode possibilitar a compreensão e monitoramento das alterações antrópicas ocorridas nos fragmentos florestais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIS, J.; LUBIN, Y. D.; MONTGOMERY, G. C. Arthropods from the canopy of inundated terra firme forests near Manaus, Brazil, with critical considerations on the pyrethrum fogging technique. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, V.19, p. 223-236, 1984.
- ALBUQUERQUE, E. Z.; DIEHL-FLEIG, E.; DIEHL, E. Density and distribution of nests of *Mycetophylax simplex* (Emery) (Hymenoptera, Formicidae) in areas with mobile dunes on the northern coast of Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, V. 49, p.123-126, 2005.
- ALENCAR, A. A. C.; SOLO´RZANO, L. A.; NEPSTAD, D. C.; Modeling forest understory fires in an eastern Amazonian landscape. **Ecological Applications**, p.139–149, 2004.
- ALONSO, L. E. Ants as indicators of diversity. *In*: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (eds.). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution, 2000, p.80-88.
- ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview. *In*: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (eds.). **Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution, 2000, p.1-8.
- ALMEIDA, F. S.; CORTINES, E. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. **Floresta e Ambiente**, V. 15, n. 2, p. 18-23, 2008.
- ALTIERI, M. A. **Biodiversity and pest management in agroecosystems**. Hayworth Press, New York. 1994.
- BIEBER, A. G. D.; DARRAULT, O. P. G.; RAMOS. C.; MELO, K. K.; LEAL. I. R. **Formigas**. *In*: PORTO, K. L.; TABARELLI, M.; ALMEIDA-CORTEZ, J. (eds) Diversidade biológica e conservação da Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco. Recife, Editora Universitária UFPE, 2006, p.244-262.
- BRÜHL, C. A.; UNSALAN, G.; L INSENMAIR, K. E. Stratification of ants (Hymenoptera, Formicidae) in a primary rain forest in Sabah, Borneo. **Journal of Tropical Ecology**, V. 14, p. 285-297, 1998.
- BLÜTHGEN, N.; VERHAAGH, M.; GOITIA, W.; BLÜTHGEN, N. Ant nests in tank bromeliads an example of non-specific interaction. **Insectes Sociaux**, V. 47, p. 313-316, 2000.
- BOLTON, B. **Indetification guide to the ant genera of the world**. Massachusetts: Havard University Press, 1994, p.222.
- CASTELLANI, T. T.; STUBBLINE, W. H. Sucessão secundária em mata tropical mesófila, após perturbação por fogo. **Revista Brasileira de Botânica**, V. 16, n. 2, p. 181-302, 1993.

- DAJOZ, R. **Insects and Forests**. Paris, France, Lavoisier Publishing, 2000.
- DAVIDSON, D. W. The role of resource imbalance in the evolutionary ecology of tropical arboreal ants. **Biological Journal of the Linnean Society**, V. 61, p. 153-181, 1997.
- DAVIDSON, D. W.; PATRELL-KIM, L. Tropical arboreal ants: why so abundant? In: GIBSON, A. C. (Ed.). **Neotropical biodiversity and conservation**. Los Angeles: Mildred E. Mathias Botanical Garden, University of California, 1996, p.127-140.
- DEJEAN, A.; CORBARA, B. A review of mosaics of dominant ants in rainforests and plantations. In: BASSET, Y.; NOVOTNY, V.; MILLER, S. E.; KITCHING, R. L. (eds) **Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy**. Cambridge University, 2003, p. 341-347.
- DESLIPPE.; SAVOLAINEN, R. Mechanisms of competition in a guild of formicine ants. **Oikos**, V. 72, n. 1, p. 67-73, 1995.
- FLEISHMAN, E.; RAY, C.; SJOGREN-GULVE, P.; BOGGS, C.L.; MURPHY, D.D.; Assessing the roles of patch quality, area, and isolation in predicting metapopulation dynamics. **Conservation Biology**, V. 16, p.706–716, 2002.
- FONSECA, C. R. Amazonian ant-plant interactions and the nesting space limitation hypothesis. **Journal of Tropical Ecology**, V. 15, p. 807-825. 1999.
- FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C.; VASCONCELOS, H. L. **Ecologia nutricional de formigas**. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (eds). *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo, Brasil, 1991, p. 131-223.
- FREITAS A. V. L.; FRANCINI R. B.; BROWNJR K. S. Insetos como indicadores ambientais. In: CULLEN JR. L.; VALLADARES-PÁDUA C.; RUDRAN R. (eds) **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Editora UFPR, Curitiba, Brasil, 2003, p. 125-151.
- GOMES, J. P.; IANNUZZI, L.; LEAL, I. R. Resposta da Comunidade de Formigas aos Atributos dos Fragmentos e da Vegetação em uma Paisagem da Floresta Atlântica Nordeste. **Neotropical Entomology**, V. 6, n. 39, p.898-905, 2010.
- HARRISON, S.; BRUNA, E.; Habitat fragmentation and largescale conservation: what do we know for sure? **Ecography**, V. 22, p. 225-232, 1999.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge: Harvard University Press, 1990, 732 p.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 1993.

KASPARI, M. **A primer on ant ecology**. In: AGOSTI, D. *et al*, eds. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington: Smithsonian Institution, 2000, p. 9-24.

KASPARI, M.; MAJER, J. D. **Using ants to monitor environmental change**. In: AGOSTI, D. *et al*, eds. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington: Smithsonian Institution, 2000, p.89-98.

KING, J.R.; ANDERSEN, A. N.; CUTTER, A. D. Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. **Biodiversity and Conservation**, V. 7, p. 1627-1638, 1998.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H.J.; LEPERS, E.; Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual Review of Environment and Resources**, V. 28, p. 205-241, 2003.

LASSAU, S. A.; HOCHULI, D. F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecography**, V. 27, p.157-164, 2004.

LAURANCE, W. F. Forest-climate interactions in fragmented tropical landscapes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, **Biological Sciences**, V. 359, p. 345-352, 2004.

LAURANCE, W. F., COCHRANE, M. A. Synergistic effects in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, V.15, p. 1488-1489, 2001.

LEAL, I. R. **Diversidade de formigas em diferentes unidades da paisagem da caatinga**, p.435-462. In LEAL, I. R.; TABARELLI, M. & SILVA J. M. C. (eds.). *Ecologia e conservação da caatinga*. Editora Universitária, UFPE, Recife, 2003, p. 734.

LEVINGS, S. C. Seasonal, annual and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: Some causes of patchy distributions. **Ecological Monographs**, V. 53, p. 435-455. 1983.

LINDENMAYER, D. B.; FRANKLIN, J. F.; FISCHER, J. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. **Biological Conservation**, V. 131, p.433-445, 2006.

LOZANO-ZAMBRANO, F. H.; ULLOA-CHACÓN, P.; ARMBRECHT, I. Hormigas: Relaciones Especies-Área en Fragmentos de Bosque Seco Tropical. **Neotropical Entomology**, V. 38, n. 1, p. 044-054, 2009.

MANTOVANI, W.; MARTINS, F. R. O método de pontos. **Acta Botanica Brasilica**, V. 4, n.2, p. 95-122, 1990.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurements**. Princeton University Press, Princeton, 1988.

MAJER, J. D. Comparison of the arboreal ant mosaic in Ghana, Brasil, Papua New Guinea and Australia: its structure and influence of ant diversity. In: LASALLE J. & GAULD, I.D. (Eds.). **Hymenoptera and biodiversity**. Wallingford: CAB International, 1993, p.115-141.

MAJER, J. D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines at Trombetas, Pará, Brazil. **Journal of Applied Ecology**, V. 12, p. 257-273. 1996.

MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHILINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de Cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, V. 3, n. 2, p. 187-195, 2002.

MERCIER, J. L.; DEJEAN, A. Ritualized behaviour during competition for food between two Formicinae. **Insectes Sociaux**, V. 43, p. 17-29, 1996.

MERCIER, J. L.; DEJEAN, A.; LENOIR, A. Limited aggressiveness among African arboreal ants sharing the same territories: the result of a co-evolutionary process. **Sociobiology**, V. 32, p. 139-150, 1998.

MORRISON, L. W.; KORZUKHIN, M. D.; PORTER, S. D. Predicted range expansion of the invasive fire ant, *Solenopsis invicta*, in the eastern United States based on the VEMAP global warming scenario. **Diversity and Distributions**, V. 11, p. 199-204, 2005.

MÜNZBERGOVÁ, Z. Effect of spatial scale on factors limiting species distribution in dry grass fragments. **Journal of Ecology**, V. 92, p. 854-867, 2004.

OLIVEIRA, P. S.; PIE, M. R. Interaction between ants and plants bearing extrafloral nectarines in Cerrado vegetation. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, V. 2, n. 27, p. 161-176, 1998.

ORIVEL, J.; A. DEJEAN. Ant activity rhythms in a pioneer vegetal formation of French Guiana (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, V. 38, p. 1-12, 2001.

PIANKA, E. **Evolutionary ecology**. 5th ed, New York, Harper Collins College Publishers, 1994, 484 p.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina, 2002, 328 p.

RAMOS, L. S. Impacto de iscas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**, V. 2, n. 32, p. 231-237, 2003.

RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H.; PIC, M.; SOARES, S. M. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. **Austral Ecology**. V. 28, p. 305-314, 2003.

RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H. Determining factors of arboreal ant mosaics in cerrado vegetation (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, V. 44, p. 49-68, 2004.

RICO-GRAY, V.; GARCIA-FRANCO J. G.; PALACIOS-RIOS, M.; DIAZ-CASTELAZO, C.; PARRA-TABLA, V.; NAVARRO, J. A. Geographical and Seasonal Variation in the Richness of Ant-Plant Interactions in Mexico. **Biotropica**, V. 30, n. 2, p. 190-200. 1998.

RICO-GRAY, V.; G. CASTRO. Effect of an ant-aphid-plant interaction on the reproductive fitness of *Paullinia fuscescens* (Sapindaceae). **Southwestern Naturalist**, V. 41, p. 434-440, 1996.

RICKLEFS, R. E. A. **Economia da Natureza. Um livro texto em Ecologia Básica**. 3ª ed. Guanabara Koogan S.A. 1996.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G. Population decrease: the case of *Liolaemus lutzae*, an endemic lizard of southeastern Brazil. **Ciência e Cultura**, V. 44, n. 1, p. 52-54. 1992.

SANDERS, N. J.; MOSS, J.; WAGNER, D. Patterns of ant species richness along elevational gradients in an arid ecosystem. **Global Ecology & Biogeography**, V. 12, p. 93-102, 2003

SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. N. C.; DIAS, N.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, V. 96, n.1, p. 95-101, 2006.

SAVOLAINEN, R.; VESPSÄLÄINEN, K. A competition hierarchy among boreal ants: impact on resource partitioning and community structure. **Oikos**, V. 2, n. 51, p. 135-155, 1988.

SCHMIDT, K.; CORBETTA, R.; CAMARGO, A. J. A. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da ilha João da Cunha, SC: composição e diversidade. **Biotemas**, V. 18, n.1, p. 57-71, 2005.

SILVA, R. R.; BRANDÃO, C. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. **Biotemas**, V.12, n.2, p.55-73, 1999.

SOARES, S. M.; SCHOEREDER, J. H. Ant-nest distribution in a remnant of tropical rainforest in southeastern Brazil. **Insectes Sociaux**, V. 48, p. 280-286, 2001.

SOS MATA ATLÂNTICA. Projetos SOS - Sustentabilidade. 2006. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br>>.

SUMMERVILLE, K. S.; CRIST, T. O. Contrasting effects of habitat quantity and quality on moth communities in fragmented landscapes. **Ecography**, V. 27, p. 3-12. 2004.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBOGER, K.; WICHMANN, M. C.; SCHWAGER, M.; JELTSCH, F. Animal species driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of Biogeography**, V. 31, p. 79-92, 2004.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Editora Interciência, Rio de Janeiro, p.117, 2000.

VASCONCELOS, H. L.; CARVALHO, K. S.; DELABIE, J. H. C. Landscape modifications and ant communities. *In*: BIERREGAARD, R. O. JR.; GASCON, C.; LOVEJOV, T. E.; MESQUITA, R. eds. **Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest**. Yale University, 2001, p.189-207.

WALLINGTON, T. J.; HOBBS, R. J.; MOORE, S. A. Implications of current ecological thinking for biodiversity conservation: a review of the salient issues. **Ecology and Society**, V. 10, n. 15, 2005.

WILSON, E. O. The Arboreal Ant Fauna of Peruvian Amazon Forests: A First Assessment. **Biotropica**, V. 19, n. 3, p. 245-251. 1987.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999, 663 p.