# DIVERSIDADE DE FORMIGAS EDÁFICAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM FRAGMENTOS DA MATA ATLÂNTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO

**LUCIANO PACELLI MEDEIROS DE MACEDO**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Concentração: Entomologia.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 2004

# DIVERSIDADE DE FORMIGAS EDÁFICAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM FRAGMENTOS DA MATA ATLÂNTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO

**LUCIANO PACELLI MEDEIROS DE MACEDO**
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **EVONEO BERTI FILHO**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Concentração: Entomologia.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro – 2004

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Macedo, Luciano Pacelli Medeiros de
Diversidade de formigas edáficas (Hymenoptera : Formicidae) em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo / Luciano Pacelli Medeiros de Macedo. - - Piracicaba, 2004.
113 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
Bibliografia.

1. Biodiversidade 2. Ecossistemas 3. Fauna edáfica 4. Formigas 5. Mata Atlântica 6. Serapilheira I. Título

CDD 632.796

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

“O homem, que, nesta terra miserável, mora, entre feras, sente inevitável necessidade de também ser fera.”

**Augusto dos Anjos**

Esta obra só tem mérito porque foi edificada sobre a pilastra de dois seres magníficos: Vitória (Preta), meu grande amor, minha alma gêmea, sem cuja tolerância, apoio e firmeza na condução do nosso lar e na educação do nosso filho, minha vida profissional seria uma enorme frustração, e Lucas Pacelli, por existir. A vocês, singelamente,

OFEREÇO e DEDICO

**AGRADECIMENTOS**

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP) e ao Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Programa BIOTA-FAPESP (Proc. 98/07099-0), pelo financiamento das viagens pertinentes às coletas.

Ao ínclito Prof. Dr. Evoneo Berti Filho, símbolo de caráter profissional, pelos valiosos ensinamentos, orientação e pela amizade demonstrada durante todo o tempo.

Com profunda estima, ao Prof. Dr. Gilberto José de Moraes, pelos percucientes ensinamentos, sugestões e amizade durante o transcorrer desta pesquisa.

Ao Pesquisador Dr. Jacques H. C. Delabie, do Laboratório de Mirmecologia do CEPEC/CEPLAC (Ilhéus-BA), pela identificação das formigas, sugestões e atenção dispensada. A quem não tenho palavras fraternais para expressar toda a minha gratidão.

Ao Prof. Dr. Sinval Silveira Neto, pela amizade e suporte científico durante a execução desta tese.

Ao Prof. Dr. José Djair Vendramim, pela amizade e sugestões.

Aos demais professores de Entomologia da ESALQ/USP, vultosos ícones, que sempre nos orientarão no caminho da sabedoria.

À Profa. Dra. Brígida Souza (UFLA/Lavras-MG), pela amizade e incentivo.

Laureio os meus primeiros orientadores, Prof. Dr. Egberto Araújo (CCA/Areia-PB) e MS José Janduí Soares (Embrapa Algodão/Campina Grande-PB). Por intermédio dos seus ensinamentos, tudo valeu a pena.

A todos os colegas de Pós-Graduação, especialmente José Francisco Cruz, Simone Prado, Karina Takahashi, Edmilson Silva, Aníbal Oliveira, Maurício Godoy, Márcio Aurélio, Dori Edson, Uemerson Cunha, Luciano Ribeiro, Sandra Magro e André Franco, pela amizade recíproca e companheirismo tanto nos momentos aprazíveis como nos íngremes dessa jornada.

Ao amigo de todos os momentos, José Francisco Garcia: palavras são insuficientes para externar o verdadeiro valor da sua amizade.

Ao amigo e contemporâneo do Colégio Agrícola “Vidal de Negreiros” e da ESALQ/USP, Dr. Marcos Barros de Medeiros e família por tudo o que representam à minha família.

A todos os funcionários da Entomologia, pela amizade e incondicional apoio.

Aos amigos do Tabajara Vila Pós-Graduação: Luiz Fernando, Paulo de Tarso, Paulo Nazareno, Leonardo Cavalcante, Leonardo Martinelli, Simão Lindoso, Alessandro Riffel, Nelson Martinelli, Lucílio Aparecido, Julcemar Zilli, Luís Carlos Timm, Jorge Henrique e Winter Oliveira, pela amizade e pelos magníficos momentos de descontração.

Àqueles que me deram a vida: meus pais, João Capistrano e Maria do Carmo. Gente humilde, de cujo punho firme tive uma educação esmerada. Por extensão, meus irmãos, Maria das Vitórias, Carlos Adriano, Ana Raquel e João Roberto.

Aos meus sogros, verdadeiros pais, Sebastião de Oliveira e Terezinha Paula. Ao cunhado José Emerson e às cunhadas Naire Jane e Janaína Oliveira, pela fraternidade existente.

Entusiasticamente, serei eternamente grato a todos que, de alguma forma, deixaram sua contribuição, pois o “agradecimento é a memória do coração”.

**SUMÁRIO**

Página

RESUMO..... ix

SUMMARY..... xi

1 INTRODUÇÃO..... 1

2 REVISÃO DE LITERATURA..... 4

2.1 Fragmentação florestal..... 4

2.2 Ação da fauna edáfica na decomposição da serapilheira..... 8

2.3 Diversidade e importância ecológica dos formicídeos..... 12

2.4 Formigas como bioindicadoras..... 16

3 MATERIAL E MÉTODOS..... 23

3.1. Caracterização das áreas de estudo..... 23

3.2 Levantamento da formicifauna..... 24

3.3 Extração da formicifauna..... 26

3.4 Triagem, montagem e identificação dos formicídeos..... 27

3.5 Análise dos dados..... 28

3.5.1 Formicifauna..... 28

3.5.2 Análise faunística..... 29

3.5.3 Diversidade de espécies..... 32

3.5.4 Similaridade entre habitats..... 32

3.5.5 Riqueza estimada de espécies..... 33

3.5.6 Número de espécies *singletons* e *doubletons*..... 34

3.5.7 Curva de acumulação de espécies..... 34

3.5.8 Guildas..... 34

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 35

4.1 Formicifauna em fragmentos da Mata Atlântica..... 35
4.2 Caracterização das comunidades de formigas..... 46
4.2.1 Fragmento I: Cananéia..... 55
4.2.2 Fragmento II: Estação Ecológica de Ibicatu, Piracicaba..... 61
4.2.3 Fragmento III: Pariquera-Açu..... 68
4.3 Delimitação das comunidades..... 75
4.4 Riqueza estimada de espécies..... 82
4.5 Número de espécies *singletons* e *doubletons*..... 84
4.6 Curva de acumulação de espécies..... 85
4.7 Guildas..... 86
5 CONCLUSÕES..... 89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 90

**DIVERSIDADE DE FORMIGAS EDÁFICAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM FRAGMENTOS DA MATA ATLÂNTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Autor: LUCIANO PACELLI MEDEIROS DE MACEDO
Orientador: Prof. Dr. EVONEO BERTI FILHO

## RESUMO

Este trabalho objetivou conhecer e comparar a diversidade de formigas em três fragmentos florestais (Cananéia, Ibicatu e Pariquera-Açu) do Estado de São Paulo. As coletas foram realizadas em serapilheira e na camada mineral (0-5 cm de profundidade), na base de *Euterpe edulis*. As formigas foram coletadas, utilizando-se sonda cilíndrica de alumínio de 10 cm de diâmetro por 5 cm de altura, a qual era introduzida na serapilheira e no solo; depois triadas, montadas e identificadas. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Com o programa ANAFAU calcularam-se os índices faunísticos, a diversidade pelo método de Shannon-Wiener (H), os índices de eqüitabilidade (E) e similaridade. A riqueza estimada de espécies, o número de espécies *singletons* e *doubletons* e a curva de acumulação de espécies foram calculadas pelo programa EstimateS. As formigas também foram separadas em guildas, com base em aspectos biológicos. Pela análise da suficiência amostral em cada fragmento florestal, observou-se que Cananéia e Pariquera-Açu foram mais

homogêneos do que Ibicatu. O número de amostras não foi suficiente para caracterizar os ambientes, pois a curva do coletor não se estabilizou. As formigas foram agrupadas em 9 guildas, sendo que 3 foram consideradas novas. Esses resultados fornecem subsídios para o conhecimento taxonômico e ecológico das espécies de formigas que habitam alguns trechos da Mata Atlântica paulista.

**DIVERSITY OF EDAPHIC ANTS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) IN FRAGMENTS OF THE ATLANTIC FOREST OF THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL**

Author: LUCIANO PACELLI MEDEIROS DE MACEDO
Adviser: Prof. Dr. EVONEO BERTI FILHO

## SUMMARY

This research deals with the diversity of ants in three forest fragments (Cananéia, Ibicatu, and Pariquera-Açu) of the State of São Paulo, Brazil. The insects were collect by using an aluminium cylindrical device introduced into the litter and the soil layer (0 to 5 cm deep) around the base of *Euterpe edulis* trees. The ants were then taken to the laboratory, pin-mounted and identified. The data were submitted to the analysis of variance (ANOVA). The faunistic, equitability (E) and similarity indexes, and the diversity by the Shannon-Wiener (H) method, were calculated through the ANAFAU program. The estimated species richness, the number of singleton and doubleton species and the accumulation curve of species were calculated by the EstimateS program. The ants were separated into guilds, based in biological aspects. The analysis of sufficiency sampling of each forest fragment indicated that Cananéia and Pariquera-Açu were more homogeneous than Ibicatu. The number of samplings were not sufficient to caracterize the environments for the collector curve did not stabilized. The ants were

grouped into nine guilds, being three of them considered new ones. Broadly speaking, the results provide data for the taxonomic and ecological knowledge of ant species occurring in some parts of the São Paulo State Atlantic Forest.

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, há grande interesse em se conhecer o funcionamento dos ecossistemas florestais, sobretudo no que se refere à sua produtividade. Do ponto de vista ecológico, não só a produtividade é importante, mas também a manutenção do equilíbrio a longo prazo, que depende em grande parte da ciclagem dos nutrientes que, por sua vez, depende da adição e decomposição dos organismos presentes no solo. Este processo acontece tanto em ecossistemas naturais como artificiais, sendo fortemente influenciado pela complexidade das formas de vida que compõem a cadeia alimentar (Lira et al., 1999).

A etapa inicial de conhecimento dos recursos naturais disponíveis em uma região corresponde à coleta e identificação taxonômica das espécies que compõem a fauna e a flora, de forma a possibilitar a obtenção de subsídios para estudos posteriores mais detalhados sobre as características ecológicas de seus habitats. Além do mais, estes estudos podem eventualmente conduzir a técnicas de exploração racional dos recursos bióticos e abióticos do ambiente estudado (Prado, 1980).

A Mata Atlântica é uma das florestas tropicais mais ameaçadas do mundo, sendo o ecossistema brasileiro que mais sofreu com os impactos ambientais dos ciclos econômicos da história do país. Um dos motivos para preservar o que restou dessa floresta é a rica biodiversidade, incluindo espécies vegetais e animais, para sua conservação e manejo (World Wildlife Fund - WWF, 2001). Para se ter uma idéia da situação de risco em que a Mata Atlântica se encontra, basta saber que à época do descobrimento do

Brasil ela possuía área equivalente a um terço da Amazônia, ocupando uma área de 1.300.000 $km^2$, estendendo-se do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul. Hoje, está reduzida a apenas 5% de sua área original, ou seja, 65.000 $km^2$ (Ramos, J.B., 2001; Silva, 2001; WWF, 2001).

Ainda hoje, uma das famílias de plantas mais abundantes, importante na composição da vegetação da Mata Atlântica, é Arecaceae, da ordem Principes. A maior parte dos representantes desta família é constituída por plantas fibrosas que podem atingir tamanhos consideráveis (Joly, 1991), fornecendo alimento para a fauna e uma série de produtos de interesse para o homem: madeira, palmito, frutos e compostos com propriedades medicinais. Além disso, as palmeiras são utilizadas em projetos de paisagismo e como matéria-prima para construções rústicas e objetos artesanais (Lorenzi, 1996). No entanto, essas plantas são atacadas por artrópodos e patógenos que, nas plantações comerciais, afetam a qualidade e a produtividade e são exploradas indiscriminadamente, no habitat natural, há décadas.

De acordo com Brandão (1999), as formigas, pertencentes à ordem Hymenoptera, estão entre os organismos mais conspícuos dos ecossistemas brasileiros. Além de sua abundância local relativamente alta, são especialmente ricas em espécies e diversificadas quanto aos hábitos de forrageamento, nidificação, etc. São exclusivamente eussociais (Hölldobler & Wilson, 1990) e ocorrem em todos os ambientes terrestres, desde o Equador até latitudes de 50$^{o}$C, do nível do mar a altitudes de cerca de 3000 m (Brandão, 1999). Entretanto, pesquisas sobre a verdadeira função desses insetos na serapilheira e no solo da Mata Atlântica são escassas.

A fauna edáfica desempenha diversos papéis dentro de um ecossistema, tais como: fragmentação dos resíduos orgânicos, mistura destes com a fração mineral, ou ainda a regulação de populações de fungos e bactérias através do consumo e dispersão de esporos destes organismos (Doles et al., 2001). Com relação aos formicídeos, estes mantêm relações

com outros organismos; muitas espécies ordenham homópteros, algumas predam outros artrópodos, um grupo de 11 gêneros da tribo Attini cria fungos e são em geral os primeiros animais a visitar carcaças que chegam ao solo das matas tropicais (Brandão, 1999). As formigas também são insetos utilizados como bioindicadores ecológicos por diversos atributos: dominância no ecossistema, ampla distribuição geográfica, abundância local elevada, riqueza de espécies local e global altas, muitos táxons especializados, facilmente amostradas e separadas em morfoespécies e sensíveis à mudanças ambientais (Majer, 1983).

Devido a escassez de informações a respeito dos insetos edáficos em ecossistemas naturais no Estado de São Paulo, a presente pesquisa objetivou estudar a diversidade da formicifauna edáfica, em três fragmentos da Mata Atlântica paulista, quanto aos seus grupos taxonômicos. Em cada ambiente objetivou-se determinar a riqueza e os índices faunísticos das espécies de formigas. Os dados obtidos foram utilizados para avaliar a similaridade entre os ambientes, estimar o número de espécies em cada fragmento e buscar explicações para as possíveis diferenças encontradas.

# 2 REVISÃO DE LITERATURA

## 2.1 Fragmentação florestal

Fragmentos florestais são áreas de vegetações naturais interrompidas por barreiras antrópicas ou naturais, constituindo ilhas no ecossistema original inseridas em uma matriz com diferentes ecossistemas (Saunders et al., 1991). Porém, nem sempre fragmentos podem ser inferidos como ilhas, pois, dependendo da permeabilidade da matriz e do grau de isolamento, o remanescente pode ter um alto fluxo de animais e propágulos (Metzger, 2000).

A expansão do uso da terra, que acompanha o crescimento da população humana, resulta na fragmentação dos habitats naturais com a formação de fragmentos florestais de diferentes tamanhos e formas. Essas alterações podem, segundo Bierregaard et al. (1992), resultar no isolamento de populações e até extinção de espécies, reduzindo a biodiversidade local em função, principalmente, da perda de habitats e de maior incidência de raios solares entre os fragmentos (Wilcox & Murphy, 1985).

Nas florestas tropicais, a maioria das espécies é muito susceptível a processos de extinção, uma vez que essas espécies ocorrem em densidades populacionais muito baixas e participam de interações ecológicas às vezes muito estreitas e complexas com outras espécies, como as plantas floríferas e seus polinizadores, os predadores e suas presas. Assim, a extinção de uma espécie, que mantém relações de dependência com outras, pode promover o desaparecimento de várias outras com as quais ela interage (Myers, 1987).

Além da perda de espécies, provocada pela fragmentação do ecossistema, pode ocorrer, inicialmente, um influxo de espécies para os fragmentos, que podem funcionar como refúgios. Extinção, dispersão e colonização são freqüentes até que ocorra o estabelecimento de um novo equilíbrio (Lovejoy, 1980).

Na maioria dos casos relatados de fragmentação de florestas tropicais, houve perda de espécies por meio da destruição do habitat natural, redução do tamanho da população, inibição ou redução da migração, efeito de borda alterando o microclima, eliminação de espécies dependentes de outras já extintas e imigração de espécies exóticas para as áreas desmatadas circundantes e, posteriormente, para o fragmento. Espécies raras e com pequena área de distribuição, assim como aquelas que necessitam de habitats muito amplos ou especializados, parecem mais susceptíveis aos efeitos da fragmentação (Turner, 1996).

Também existem relatos sobre o aumento na riqueza de espécies em fragmentos, após algum período de isolamento, como decorrência, provavelmente, de invasões de outras espécies associadas a habitats modificados adjacentes aos fragmentos (Thomazini & Thomazini, 2000).

Os insetos são adequados para uso em estudos de avaliação de impacto ambiental e de efeitos de fragmentação florestal, pois, além de ser o grupo de animais mais numeroso do globo terrestre, com elevadas densidades populacionais, apresentam grande diversidade, em termos de espécies e de habitats, grande variedade de habilidades para dispersão, seleção de hospedeiros e de respostas à qualidade e quantidade de recursos disponíveis, além de sua dinâmica populacional ser altamente influenciada pela heterogeneidade dentro de um mesmo habitat. Também são importantes pelo seu papel no funcionamento dos ecossistemas naturais, atuando como predadores, parasitos, fitófagos, saprófagos, polinizadores, entre outros (Ehrlich et al., 1980; Boer, 1981; Rosenberg et al., 1986; Souza & Brown, 1994; Schoereder, 1997).

Quanto aos insetos, a fragmentação florestal tem sido relacionada à maior duração de surtos de pragas florestais, possivelmente devido a mudanças nas interações entre inimigos naturais e as mesmas, conforme Roland (1993), assim como a maior redução no número de espécies de parasitóides do que de seus hospedeiros fitófagos (Kruess & Tscharntke, 1994), e a alterações na composição de polinizadores e na qualidade da polinização (Aizen & Feinsinger, 1994).

No caso da escolha de grupos de insetos-chave, para estudos em sistemas florestais fragmentados, os mais importantes são aqueles capazes de provocar mudanças físicas em seu ambiente e regular a disponibilidade de recursos para outras espécies, tais como: polinizadores, predadores de sementes, parasitóides e decompositores (Didham et al., 1996).

Dessa forma, as formigas são citadas como possível grupo indicador de biodiversidade e de perturbação ambiental (Armbrecht & Ulloa, 1997; Brown Junior, 1997; Osborn et al., 1999). Longino & Colwell (1997) estudaram metodologias para realização de inventários de formigas em florestas neotropicais, sugerindo que sejam realizadas amostragens tanto da região de serapilheira e/ou solo como da vegetação, visando obter um maior número possível de espécies do local. Já a estratificação das coletas em diferentes tipos de florestas, solo, espécies de árvores ou no tempo não aumentou muito a eficiência do inventário e por isso pode ser dispensada se representar um custo elevado.

Em relação a formigas de serapilheira, Belshaw & Bolton (1993) não observaram diferenças quanto à composição e riqueza de espécies em áreas de floresta primária, secundária e plantios comerciais de cacau. Os autores sugerem que após dez anos ou mais as espécies da floresta primária estariam novamente na serapilheira destes novos habitats. Provavelmente, esses três diferentes habitats ofereçam um microhabitat semelhante formado pela serapilheira. As áreas remanescentes de florestas primárias

seriam necessárias como fontes para a recolonização destes mesmos habitats alterados.

Armbrecht & Ulloa (1997) avaliaram vários pequenos fragmentos de floresta secundária (4 a 15 ha) e áreas adjacentes de cultivo, na Colômbia, em relação a diversidade de formigas por intermédio de diversos métodos e locais de coleta. Todos os fragmentos apresentaram maior riqueza faunística em espécies de formigas do que suas respectivas áreas adjacentes.

O tamanho de um fragmento é menos importante do que o efeito de borda e a diversificação do habitat para prever a riqueza local. Fatores que contribuem para a heterogeneidade ou conectividade (topografia, clima e distúrbios) mostram clara correlação com a riqueza de insetos, enquanto outros fatores como vegetação, solo, latitude e superfície permanente de água apresentam baixa correlação (Brown Junior, 1997).

A fragmentação pode ser o principal mecanismo responsável pelo aumento da pressão física nas reservas isoladas e pela conseqüente diminuição da diversidade. Mudanças na estrutura da vegetação associada com a transformação em agroecossistemas implica em resultados negativos sobre a diversidade da comunidade de formigas (Perfecto & Snelling, 1995; Watt et al., 1997).

Heywood et al. (1994) documentaram que, em ecossistemas tropicais, o número de espécies extintas é muito inferior às esperadas pelas curvas de espécie-área. Na Mata Atlântica, apesar de ter sido reduzida a 5% de sua cobertura original, Brown & Brown Junior (1992) não registraram extinções de plantas vasculares, mamíferos, aves ou insetos. Os autores inferem que a Mata Atlântica pode ter sempre existido como um grande mosaico de diferentes habitats, cada qual composto por sua biota característica.

## 2.2 Ação da fauna edáfica na decomposição da serapilheira

As características de um solo, bem como a sua qualidade, são determinadas em grande parte pelos organismos nele presentes. Essa interferência pode ser clara em alguns processos, tais como na decomposição, ou menos óbvia, como no caso da textura e estrutura do solo ou capacidade de retenção de água. Tanto os microrganismos como a fauna edáfica são capazes de modificar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Pankhurst & Lynch, 1994). Por outro lado, a biota é também afetada pelo tipo de uso do solo, sendo um reflexo do manejo.

Em regiões tropicais, os solos, de maneira geral, apresentam-se bastante intemperizados e lixiviados, possuindo baixa fertilidade natural. Nesses solos, é a matéria orgânica que representa a maior fonte de nutrientes para o crescimento vegetal. Assim sendo, as taxas de decomposição da matéria orgânica e de liberação de nutrientes são de vital importância para a manutenção da produção vegetal e, conseqüentemente, da produção animal (Correia & Oliveira, 2000).

Petersen & Luxton (1982) fizeram uma análise comparativa da fauna de solo e sua função nos processos de decomposição e afirmaram que a decomposição da matéria orgânica tem sido considerada como uma interação sinérgica entre a fauna de invertebrados e microflora, seguindo a um período inicial de desgaste, quando alguns nutrientes solúveis e polifenóis são eliminados.

As bactérias e fungos constituem-se em verdadeiros aparatos enzimáticos, sendo os responsáveis por diversos mecanismos de síntese e degradação no solo, promovendo a mineralização de compostos orgânicos e a liberação de nutrientes ou imobilizando-os em sua biomassa (Seasted & Crossley Junior, 1984). Já os invertebrados edáficos possuem uma capacidade enzimática limitada, restringindo-se à digestão de proteínas, lipídeos e glicídeos simples. Como outros animais, a fauna edáfica não é

capaz de produzir enzimas que degradam compostos como a celulose ou a lignina. No entanto, as associações da fauna com microrganismos, decorrentes da ingestão simultânea com o alimento ou de simbioses mutualísticas, promovem um sinergismo no sistema de decomposição. Além de atuarem como reguladores da atividade microbiana, os invertebrados do solo agem como fragmentadores do material vegetal, modificando-o estruturalmente (Lavelle, 1996). Ainda de acordo com esse autor, a interação da fauna de solo com microrganismos e plantas é capaz de modificar funcionalmente e estruturalmente o sistema de solo, exercendo uma regulação sobre os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes.

Jambu et al. (1988) afirmaram que a decomposição da serapilheira é fundamentalmente obra dos microrganismos. Contudo, segundo Kurcheva (1967), a fauna de solo contribui na destruição de 7 a 23% dos resíduos vegetais que caem no solo. Sua intervenção é direta pela ação mecânica e bioquímica e/ou indireta, favorecendo a ação dos microrganismos. Entretanto, Heath et al. (1966) afirmaram que a presença da fauna acelera apenas a decomposição dos tecidos mais duros. De certo modo, os invertebrados edáficos são capazes de modificar os processos de decomposição, agilizando, assim, a microflora que os coloniza. Edwards (1991) afirmou que a fauna de solo é responsável pela quebra inicial da serapilheira e que, em regiões tropicais, os principais artrópodos envolvidos nesse processo são os Isoptera, enquanto que, em áreas temperadas, são Diplopoda e larvas de Diptera.

O monitoramento da fauna edáfica permite avaliar a qualidade do solo e o funcionamento dos sistemas de produção, uma vez que essa fauna encontra-se intimamente associada aos processos de decomposição e a ciclagem de nutrientes, na interface solo-planta. Também é importante conhecer, dentre os grupos de invertebrados, quais os que são capazes de realizar, eficientemente, processos de regulação das comunidades

microbianas, ciclagem de nutrientes, além de modificar estruturalmente os habitats da serapilheira e do solo (Correia & Oliveira, 2000).

Como é praticamente impossível retratar uma comunidade na íntegra, estudam-se parcelas dentro da comunidade, escolhendo determinados grupos taxonômicos, grupos associados a frações do habitat ou grupos que tenham uma função semelhante no ecossistema. Nesse caso, o estudo da comunidade impõe a necessidade de um taxonomista do grupo em questão (Correia & Oliveira, 2000).

Outro tipo de retrato da comunidade preocupa-se em determinar a composição de organismos em grandes grupos taxonômicos, em uma determinada fração do habitat. Estudos relativos à composição das comunidades de invertebrados de solo encontram-se nas categorias de classe ou ordem (Adis, 1981). Esse tipo de trabalho preocupa-se com os processos que ocorrem no solo, como a decomposição, a ciclagem de nutrientes e com o papel que os organismos podem exercer como sistemas biológicos de regulação, particularmente em sistemas tropicais (Lavelle et al., 1993).

Segundo Correia & Oliveira (2000), entre as vantagens desse tipo de abordagem estão a facilidade de execução do trabalho, já que não é necessário um conhecimento profundo da taxonomia dos grupos, bastando conhecer as categorias mais genéricas (classe, ordem ou, ocasionalmente, família). Essa superficialidade taxonômica permite maior conhecimento global dos organismos presentes. Tal conhecimento admite também uma primeira inferência sobre a funcionalidade dos organismos no solo, fornecendo uma indicação simples da complexidade ecológica das comunidades edáficas (Stork & Eggleton, 1992). No entanto, essa generalidade impõe limitações na utilização dessa abordagem. A primeira limitação é de caráter metodológico, uma vez que diferentes técnicas de amostragem e extração dos organismos edáficos serão mais eficientes para alguns grupos, em detrimento de outros. A segunda limitação é a incerteza

e a impossibilidade de se determinar a funcionalidade exata de vários dos grupos da fauna edáfica (categorias de classe, ordem ou até família). Coleópteros e ácaros talvez sejam o exemplo mais marcante dessa impossibilidade, pois dependendo da espécie pode-se encontrar indivíduos que se alimentam da matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição, microrganismos e outros animais. Portanto, determinar o porcentual de saprófagos, micrófagos e predadores na comunidade através desse tipo de abordagem é algo sujeito a uma certa imprecisão (Stork & Eggleton, 1992). A maior contribuição desse tipo de estudo é fornecer bases tanto para uma avaliação global da qualidade do solo, como também apontar grupos funcionais para um estudo mais detalhado.

De acordo com Grimm et al. (1974), para realizar levantamento da fauna de artrópodos terrestres em ecossistemas florestais, é necessário o uso simultâneo de vários métodos de coleta. Adis (1977) afirmou que a combinação de diferentes tipos de armadilhas permite considerações sobre o inventário de espécies (a dominância, a fenologia e a abundância de artrópodos terrestres).

Segundo Petersen & Luxton (1982), a maioria da fauna de artrópodos do solo concentra-se na camada superior de 0 a 10 cm de solo. Tal afirmação foi baseada na distribuição de Collembola em diferentes ecossistemas. Adis (1988) afirmou que, em média, 30.000 artrópodos/$m^2$ vivem na camada de 0 a 3,5 cm de profundidade em floresta primária de terra firme. Ainda segundo esse autor, ácaros, Collembola, Isoptera, Formicidae, Pseudoscorpiones e Protura são os grupos mais abundantes no solo. Aproximadamente 61 a 64% da fauna vivem nos primeiros 3,5 cm de profundidade, 20 a 21% entre 3,5 a 7 cm, 10 a 12% entre 7 a 10,5 cm e 5 a 8% entre 10,5 a 14 cm de profundidade no solo (Adis et al., 1987a, 1987b; Adis, 1988).

Harada & Bandeira (1994) estudaram a estratificação e a densidade de invertebrados em solo arenoso e plantios arbóreos, na Amazônia. Os

autores afirmaram que 45% de toda fauna ocorreu na faixa de 0 a 5 cm de profundidade da camada mineral. Houve diminuição na densidade de todos os grupos, exceto Isoptera, até a profundidade de 20 cm, com subseqüente aumento até 30 cm de profundidade, causado principalmente pela presença de Isoptera.

Gill (1969), estudando a abundância de microartrópodos do solo, em Michigan, EUA, verificou que os fatores físicos do ambiente, tais como umidade do solo, temperatura do solo e a presença de serapilheira, foram de maior importância na determinação da distribuição vertical e da abundância dos microartrópodos do solo.

A dominância de alguns grupos, em determinados habitats, indica uma tolerância relativamente maior a fatores ambientais adversos desses grupos, quando comparados aos outros, ou certamente devido a um maior potencial reprodutivo. Diferenças na mobilidade entre as espécies e diferentes padrões de biologia também influenciam.

## 2.3 Diversidade e importância ecológica dos formicídeos

O termo biodiversidade ou diversidade biológica tem recebido diversas definições, englobando vários aspectos. Lovejoy (1980) empregou-o com o sentido de número de espécies presentes em determinado ambiente. Segundo Wilson (1997), o termo diversidade biológica é definido como uma variação hereditária baseada na organização de genes dentro de uma população local, parte dela ou toda a composição de espécies dentro de ecossistemas. É um dos mais importantes aspectos a serem considerados com relação ao homem e seus efeitos no ambiente (Odum, 1988; Begon et al., 1997).

A diversidade de insetos está positivamente associada com a diversidade de plantas perenes e negativamente associada com a diversidade de plantas anuais. Então, espera-se que ambientes de maior

complexidade estrutural apresentem maior riqueza de espécies (Dean & Milton, 1995). De acordo com estes mesmos autores, a fertilidade e a estruturação do solo dependem da atividade de animais de solo, sendo que a sucessão de plantas é modulada pela ação de herbívoros, polinizadores e agentes dispersantes de sementes. Os invertebrados, por sua vez, dependem da vegetação e do estado do meio.

Ecossistemas naturais que sofrem certos tipos de distúrbios são muito susceptíveis a um processo severo de erosão de biodiversidade, como: uso indiscriminado de recursos naturais, redução da biomassa de artrópodos, fragmentação dos ambientes naturais, construções de estradas e ruas, pastagens, exploração de minas, substituição e simplificação da estrutura dos ambientes pela agricultura e silvicultura (Majer, 1983; 1992). Freqüentemente, altos níveis de endemismo são registrados nesses biomas, agravando a situação, devido ao fato de espécies raras ou de distribuição restrita tenderem a ser eliminadas com maior facilidade em conseqüência da redução do habitat disponível (Paula, 1997).

As formigas são animais dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres (Wilson, 1987). Estima-se que exista cerca de 15.000 a 20.000 espécies de formigas no planeta, distribuídas em 11 subfamílias, aproximadamente 297 gêneros, sendo 3.000 a 8.000 espécies na região Neotropical (Hölldobler & Wilson, 1990; Fowler et al., 1991). No entanto, muitos taxa de Formicidae encontram-se ainda mal definidos e muitas espécies vêm sendo sinonimizadas conforme as revisões vão sendo realizadas. Com a intensificação e o aperfeiçoamento das técnicas de coletas, novos taxa vêm sendo descritos e toda a classificação atual pode estar sujeita a modificações (Ramos, L.S., 2001).

Constituem o maior grupo de insetos sociais, amplamente distribuídos geograficamente, pois são encontrados desde regiões subpolares até o Equador e em todas as ilhas oceânicas, exceto nos pólos e nos mares, sendo mais abundantes em locais de clima tropical (Wilson, 1987).

Segundo Stradling (1987), por serem coloniais e eussociais, as formigas representam um avanço evolucionário sobre outros insetos. Em suas colônias, as castas reprodutivas aumentam sua produtividade explorando as operárias (casta estéril). Estas, por sua vez, cuidam das funções de seleção e processamento dos alimentos, forrageamento, nutrição larval e defesa. As larvas, que representam um estágio ativo de produção de tecidos, necessitam de mais proteína. Já a população de operárias necessita de maiores quantidades de carboidratos para suas necessidades energéticas.

No intuito de satisfazer as necessidades alimentares e devido à grande adaptabilidade do grupo, as formigas desenvolvem-se nos mais diferentes tipos de dietas. A carne, por exemplo, pode ser obtida predando-se outros organismos ou da carcaça de animais maiores mortos. Algumas espécies cultivam fungos; outras podem se alimentar de nectários extraflorais, coletar sementes ou detritos, assim como associarem-se com plantas que produzem corpúsculos alimentares (Carroll & Janzen, 1973; Stradling, 1987).

Como conseqüência das atividades alimentares, as formigas trazem como repercussão um significativo impacto ecológico nas comunidades onde vivem, o qual pode se manifestar de diversas maneiras (Fowler et al., 1991).

De acordo com Majer (1983), na Austrália e em muitas regiões do planeta, as formigas são um dos grupos de invertebrados com papel mais importante na pirâmide de fluxo de energia. Uma das principais funções desempenhadas pelas formigas nos ecossistemas é a sua atuação na ciclagem de nutrientes e controle da população de outros invertebrados, desempenhando papel como predadoras de ovos de artrópodos ou dos seus adultos. Estudos têm mostrado que elas podem participar ativamente na composição da vegetação (Morais & Benson, 1988; Oliveira, 1988; Del Claro

et al., 1996). Algumas espécies atuam como dispersoras de sementes, carregando-as para áreas degradadas (Moutinho et al., 1983).

Nas florestas tropicais, por exemplo, as formigas são um dos grupos dominantes, tanto em número de espécies quanto em biomassa (Ramos, L.S., 2001). Nas florestas próximas a Manaus, Amazonas, estima-se que a biomassa de formigas seja quatro vezes maior que a biomassa de todos os vertebrados, incluindo pássaros, mamíferos, anfíbios e répteis juntos (Fittkau & Klinge, 1973; Wilson, 1997). Essa floresta suporta uma diversificada fauna em comparação com outras florestas. Majer & Delabie (1994) compararam a diversidade de formigas da Amazônia em áreas de planalto, flanco e várzea, concluindo que há uma tendência da formicifauna variar do planalto à várzea, embora a floresta de várzea tenha uma baixa disponibilidade de fontes alimentares para as formigas.

Os principais fatores que influenciam o aumento da riqueza de espécies de formigas com o aumento da complexidade ambiental são: disponibilidade de locais de nidificação, disponibilidade de alimento, área de forrageamento e interação competitiva entre espécies (Benson & Harada, 1988). Matos et al. (1994) encontraram aumento da diversidade de formigas com o aumento da complexidade estrutural da vegetação e da serapilheira. Oliveira et al. (1995) também relataram que há variação na diversidade de formigas influenciadas pelas características do ambiente, verificando que quanto maior a complexidade, maior a diversidade de espécies.

Marinho et al. (2002), estudando a diversidade de formigas da serapilheira em eucaliptais e área de cerrado do Estado de Minas Gerais, coletaram 143 espécies, pertencentes a seis subfamílias, sendo 67 espécies em área de vegetação nativa e 133 espécies nos eucaliptais. No entanto, a maioria das espécies encontradas no cerrado também foi encontrada nos eucaliptais, apesar de estes apresentarem uma drástica diminuição na densidade de espécies. Isso sugere que a riqueza em espécies de formigas

na região estudada não depende somente da complexidade dos ambientes estudados, pois a fauna de formigas da vegetação nativa fica conservada nos eucaliptais, contradizendo a maioria dos trabalhos que tratam do assunto.

Em um estudo sobre a riqueza de espécies de formigas edáficas em plantação de eucalipto e em mata secundária nativa, utilizando-se armadilhas de solo e armadilhas com iscas, Soares et al. (1998) coletaram um total de 64 espécies, pertencentes a 26 gêneros e seis subfamílias. Nas armadilhas de solo, coletaram-se 55 espécies, distribuídas em 26 gêneros. Destas, 46 foram encontradas na mata, 38 na plantação de eucalipto e 29 foram coletadas em ambas as áreas. Nas armadilhas de iscas, obtiveram-se 33 espécies de 16 gêneros, das quais 26 ocorreram na mata, 26 no eucaliptal e 18 foram comuns às duas áreas.

Por ter ampla riqueza e fundamental importância no ecossistema, as formigas são bastante estudadas no mundo inteiro. Esse grupo é um dos principais, entre os invertebrados, capaz de colonizar ambientes terrestres oferecendo poucos recursos para o desenvolvimento da vida, como praias (Woodroff & Majer, 1981), dunas (Boomsma & Van Loon, 1982), áreas de minas e céu aberto (Majer, 1996; Majer & Nichols, 1998), plantas epífitas e agroecossistemas (Tavares, 1996; Delabie, 1999), pastagens (Majer et al, 1997), vegetação após queimada (Morais & Benson, 1988), entre outros.

## 2.4 Formigas como bioindicadoras

A idéia de que algumas espécies podem ser usadas como indicadoras da qualidade do meio ambiente é mais antiga do que a Ecologia como ciência (Beeby, 1993).

De acordo com Louzada et al. (2000), bioindicadores são organismos vivos ou processos biológicos, usados para avaliar as respostas do

ecossistema às perturbações ambientais, que estão freqüentemente associadas ao uso da terra pelo homem.

Vários grupos de invertebrados têm sido usados como bioindicadores do sucesso de reabilitação de minas, pois ocupam nichos especializados, fornecendo informações sobre a área de acordo com a sua presença ou ausência (Majer, 1981).

Um dos grupos mais bem-sucedidos de todos os invertebrados (Wilson, 1987), as formigas, têm sido utilizadas por muitos anos como potenciais indicadores ecológicos, especialmente na Austrália, com o objetivo de avaliar os impactos de práticas florestais, como o efeito do fogo (York, 1994). Além disso, esses insetos apresentam abundância local e alta riqueza de espécie, diversos táxons especializados, são facilmente amostrados, identificados e sensíveis a mudanças na condição do ambiente (Majer, 1983).

No Brasil, vários trabalhos foram realizados, utilizando formigas como bioindicadoras. Realizaram-se os primeiros estudos em áreas perturbadas pela extração de bauxita em Poços de Caldas, MG (Majer, 1992) e em Trombetas, PA (Majer, 1996). As formigas também foram utilizadas para avaliar sistemas de manejo de pomares cítricos de diferentes idades (Smith, 1995), determinar os efeitos da fragmentação e isolamento da floresta amazônica (Carvalho & Vasconcelos, 1999; Vasconcelos, 1999; Vasconcelos et al., 2001), avaliar o impacto de práticas silviculturais em reflorestamentos de eucalipto e como bioindicadoras do uso de ambientes agrários e naturais (Ramos et al., 2003a), dentre outros.

Dias (2004) realizou um levantamento da mirmecofauna para comparar a diversidade e a similaridade de áreas nativas e agroecossistemas adjacentes. O levantamento das espécies em diferentes áreas pôde caracterizar o impacto do processo de fragmentação sobre a diversidade de formigas.

Estudos em áreas com e sem distúrbio, demonstraram que a riqueza de espécies foi alta nos ambientes sem distúrbio e baixa nas demais áreas amostradas (King et al., 1998). Segundo Delabie (1999), as comunidades de formigas são altamente instáveis e submetidas constantemente a uma pressão de colonização dos habitats que ocupam e de substituição de seus membros por espécies oportunistas ou mais competitivas.

O uso de formigas como bioindicadoras, assim como de qualquer outro organismo, requer um prévio conhecimento dos fatores ecológicos determinantes da estrutura e composição de suas comunidades (Andersen, 1997). De acordo com esse autor, para facilitar os estudos dos formicídeos, os ecologistas classificam as espécies em grupos funcionais, os quais são identificados a partir de alterações em relação ao clima, solo, vegetação e distúrbios. Tais grupos funcionais têm formado a base global de análises de composição das comunidades.

Na Austrália e no Brasil, grupos funcionais de formigas, constituídos por espécies que respondem a padrões previsíveis quando expostas a diferentes condições ambientais, vêm sendo classificados somando as propriedades ecológicas básicas dos principais gêneros desses organismos (Read, 1996; Delabie et al., 2000a; Silvestre, 2000).

O modelo dos grupos funcionais divide as formigas australianas em grupos de gêneros baseados na preferência por habitat e microclima, posição na escala de dominância competitiva interespecífica, estratégias de forrageamento adotada ou tolerância a perturbações (Andersen, 1991a; Jackson & Fox, 1996).

Os grupos funcionais nos ecossistemas australianos descritos por Andersen (1997) são:

**a) Espécies dominantes:** são espécies altamente abundantes e agressivas, que influenciam a distribuição e atividade de outras espécies de formigas. Exemplo: *Iridomyrmex* spp.

**b) Espécies subordinadas associadas:** espécies do gênero *Camponotus*, que coexistem com as dominantes por apresentarem tamanho do corpo relativamente maior, período de atividade deslocado do das anteriores e comportamento de submissão quando confrontadas com as *Iridomyrmex* dominantes.

**c) Especialistas de clima e solo:** espécies que possuem especializações fisiológicas, morfológicas e comportamentais, relacionadas à sua ecologia de forrageamento, que reduzem a interação com as *Iridomyrmex* dominantes. Exemplo: *Aphaenogaster* spp., *Formica* spp., *Melophorus* spp., *Meranoplus* spp. e *Notoncus* spp.

**d) Espécies crípticas:** principalmente pequenas, que forrageiam e nidificam predominantemente dentro do solo e serapilheira, não interagindo com outras formigas fora destes habitats. Exemplo: *Eurhopalothrix* spp.

**e) Espécies oportunistas:** espécies não especializadas e pouco competitivas, freqüentemente abundantes em habitats perturbados. Exemplo: *Paratrechina* spp. e *Rhytidoponera* spp.

**f) Mirmicíneas generalistas:** incluem espécies dos gêneros *Crematogaster*, *Monomorium* e *Pheidole*, as quais são cosmopolitas, não especialistas, mas altamente competitivas.

**g) Espécies forrageadoras solitárias de tamanho relativamente grande:** são predadoras solitárias (principalmente espécies de Ponerinae, predadoras de artrópodos, de baixa densidade populacional), sugerindo que não interagem fortemente com outras formigas. Exemplo: espécies dos gêneros *Bothroponera*, *Myrmecia*, *Pachycondyla* e *Odontomachus*.

O modelo australiano, porém, é descritivo, não considerando qualquer forma de análise estatística. Portanto, não podendo ser aplicado diretamente a ambientes mais complexos, como a serapilheira das florestas tropicais (Silva & Brandão, 2003). Dessa forma, e como as espécies de formigas se diferenciam de acordo com a posição geográfica, Delabie et al. (2000a) propuseram a classificação em guildas de formigas para a região de Floresta

Atlântica, no Sul da Bahia, dirigida principalmente para as formigas encontradas na serapilheira.

As guildas descritas por Delabie et al. (2000a) são:

**a) Espécies onívoras:** utilizam várias fontes de alimentos, como carboidratos, proteínas e restos de animais mortos. Exemplo: *Megalomyrmex*, *Pheidole* e *Solenopsis*.

**b) Predadoras especialistas:** espécies que se alimentam de apenas um tipo de presa. Exemplo: *Amblyopone* (predadora de térmitas), *Thaumatomyrmex* (predadora de miriápodes) e *Strumigenys* (predadora de colêmbolas).

**c) Predadoras generalistas:** espécies que se alimentam de vários tipos de presa. Exemplo: *Gnamptogenys* (predadora de formigas e outros insetos), *Anochetus* e *Hypoponera*.

**d) Formigas legionárias:** também conhecidas como formigas de correição, são espécies predadoras generalistas ou especialistas. Exemplo: *Eciton*, *Labidus* (generalistas) e *Neivamyrmex*, *Nomamyrmex* (especialistas).

**e) Predadoras de solo:** espécies que se estabelecem e forrageiam no solo e na serapilheira. Exemplo: *Pachycondyla* e *Centromyrmex* (espécie que nidifica em cupinzeiros, provavelmente predando as larvas dos cupins do gênero *Syntermes*).

**f) Formigas subterrâneas dependentes de *honeydew*:** espécies que se alimentam de secreções açucaradas de outros insetos. Exemplo: *Acropyga*.

**g) Formigas arborícolas dominantes:** espécies onívoras que nidificam e forrageiam em plantas eventualmente ou temporariamente e na serapilheira. Altamente agressivas, tendo uma forte influência competitiva sobre as outras espécies. Exemplo: *Azteca* e *Crematogaster*.

**h) Dominantes de solo ou *litter*:** espécies que forrageiam no solo ou na vegetação. São subdivididas em dois grupos: **grandes predadoras**

**generalistas** (*Odontomachus* e *Ectatomma*) e **onívoras verdadeiras** (*Brachymyrmex*, *Camponotus*, *Paratrechina*, espécies grandes de *Solenopsis* e *Wasmannia*).

**i) Cultivadoras de fungo:** espécies que se alimentam de fungo simbionte. Geralmente são os membros das Attini. Exemplo: *Acromyrmex*, *Apterostigma*, *Atta*, *Cyphomyrmex*, *Mycocepurus*, *Myrmicocrypta*, *Sericomyrmex* e *Tachymyrmex* (utilizam folhas frescas, carcaças e restos de plantas para cultivar o fungo).

Silvestre (2000) descreveu 12 guildas para formigas de cerrado: predadoras grandes, patrulheiras, oportunistas pequenas, espécies crípticas de serapilheira, desfolhadoras, cultivadoras de fungos a partir de matéria em decomposição, mirmicíneas generalistas, dolicoderíneas agressivas, espécies nômades, especialistas mínimas, cefalotíneas e dolicoderíneas coletoras de néctar e exsudatos de artrópodos.

Andersen (1991b, 1992, 1997) trabalhou com grupos funcionais; Delabie et al. (2000a) e Silvestre (2000) com guildas. Esses conceitos as vezes são confundidos, chegando a ser considerados sinônimos por alguns autores.

O termo guilda, adotado pelos ecologistas, faz uma analogia às corporações medievais de ofícios, que reuniam indivíduos com a mesma habilidade ou que dependiam da mesma forma de sustento, como por exemplo, os artesãos, os ourives, os carpinteiros, os proprietários de moinho, etc. (Elton, 1927).

Para Root (1967), o termo guilda é definido como um grupo de espécies que explora a mesma classe de recursos ambientais de modo similar, mostrando padrões semelhantes de exploração de recursos.

Segundo Louzada & Schlindwein (1997), guilda é um grupo de organismos, dentro de uma comunidade, que utiliza os mesmos tipos de recursos por terem nichos alimentares semelhantes, como, por exemplo, o grupo das predadoras especialistas, que se alimentam de apenas um tipo de

presa. Desses conceitos, o primeiro parece ser o mais adequado, pois trata do uso de recursos em geral e não apenas de recursos alimentares. Grupos funcionais são espécies que usam estratégias similares na exploração de recursos, como, por exemplo, as forrageadoras solitárias, que procuram alimento sozinhas, não interagindo com outras formigas (Ramos, L.S., 2001).

As guildas são agrupamentos de espécies mais refinados que os grupos funcionais, uma vez que estes podem ser constituídos com representantes de mais de uma guilda e uma guilda não pode ser constituída por mais de um grupo funcional (Silvestre, 2000).

A descrição de grupos funcionais e guildas tem se mostrado uma valiosa ferramenta, permitindo realizar comparações de diferentes condições ambientais. Esse tipo de modelo foi usado com sucesso em diferentes regiões do mundo, em programas de monitoramento de áreas florestais (Lawton et al., 1998) e em relação aos diferentes métodos de uso do solo (Bestelmeyer & Wiens, 1996).

# 3 MATERIAL E MÉTODOS

## 3.1 Caracterização das áreas de estudo

O trabalho foi desenvolvido no período de março de 2002 a março de 2003, em três fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, localizados nos municípios de Cananéia, Pariquera-Açu e Piracicaba (Figura 1). Em todos os fragmentos prevalece o clima do tipo Cwa de Köppen, caracterizado por temperaturas moderadas com verão quente (Prado, 1997). Os dados referentes aos ambientes estudados estão discriminados na Tabela 1.

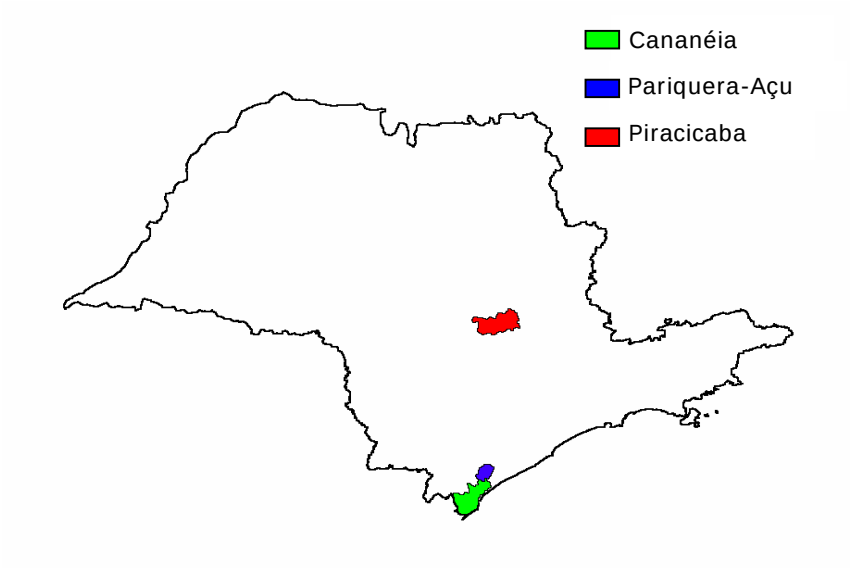


Figura 1 - Localização geográfica dos municípios de Cananéia, Pariquera-Açu e Piracicaba, Estado de São Paulo

Tabela 1. Caracterização dos ambientes da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, nos quais as coletas foram realizadas

| Localidade | Município | Coordenadas | Tipo de vegetação | Precipitação média anual (mm) | Temperatura média anual (ºC) |
|---|---|---|---|---|---|
| Área particular - SP226, Rod. J.H. de Oliveira Rosa, km 16 | Cananéia | 24º53'45"S e 47º50'17"O | Restinga arbórea | 1.951 | 24,3 |
| Estação Ecológica de Ibicatu | Piracicaba | 22º46'43"S e 47º49'32"O | Floresta estacional semidecidual | 1.415 | 21,6 |
| Núcleo de Agronomia do Vale do Ribeira – IAC | Pariquera-Açu | 24º36'41"S e 47º53'23"O | Floresta ombrófila densa | 1.520 | 22,1 |

## 3.2 Levantamento da formicifauna

As coletas foram efetuadas ao longo de trilhas pré-existentes em cada fragmento estudado, durante um período de três dias, e foram realizadas em um raio de 50 cm da base do caule de *Euterpe edulis*, por ser a espécie de Arecaceae encontrada em maior abundância nos fragmentos.

Retiraram-se amostras de serapilheira e a 0-5 cm de profundidade da camada mineral. As coletas das amostras de serapilheira e solo foram feitas utilizando-se uma sonda cilíndrica de alumínio de aproximadamente 10 cm de diâmetro por 5 cm de altura (Figura 2A), a qual foi introduzida na serapilheira e solo (Figuras 2B e C), conforme o método de Edwards (1991). No caso das amostras extraídas da serapilheira, retiraram-se os galhos encontrados na superfície, deixando-se apenas as folhas. O conjunto sonda-amostra, correspondente ao anel contendo a serapilheira e o torrão de solo, foi retirado com uma espátula (Figura 2D) e embalado em recipientes

plásticos com tampa, com capacidade para 500 ml (Figura 2E), devidamente etiquetados, com os dados referentes às localidades, planta amostrada e data de coleta. Em seguida, este material foi transportado ao laboratório de Acarologia, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP, em caixa de isopor (Figura 2F) resfriada por "gelox", de forma que a temperatura no interior da caixa se mantivesse entre 12 a 21°C. Esta técnica foi utilizada com sucesso por Oliveira et al. (2000) para a coleta da mesofauna.

Em cada fragmento foram tomadas, aleatoriamente, 20 plantas de *E. edulis*. Próximo a cada planta, extraiu-se uma amostra de serapilheira e uma de solo, em diferentes pontos de amostragem da área.

Figura 2 – Procedimento de coleta das formigas em serapilheira e solo: (A) sonda cilíndrica de alumínio; (B) extração da serapilheira; (C) extração da amostra de solo; (D) extração do torrão de solo com uma espátula; (E) recipiente plástico, contendo a amostra; (F) caixa de isopor para o transporte das amostras

### 3.3 Extração da formicifauna

No laboratório, as amostras de serapilheira e solo foram colocadas em aparelho de Berlese-Tullgren modificado por Oliveira (2000). O equipamento, composto de uma caixa retangular (100,0 x 70,0 x 50,0 cm) de compensado naval (1,5 cm de espessura), com capacidade para processar simultaneamente 21 amostras, foi dividido em um compartimento superior e um inferior por uma placa de poliestireno perfurada. No compartimento superior foram acopladas 21 lâmpadas incandescentes de 15 Watts (uma para cada amostra) em uma placa de compensado naval (Figura 3).

No compartimento inferior, sob cada perfuração da placa de poliestireno, foi posicionado um funil plástico afixado em outra placa perfurada de compensado. Na extremidade inferior de cada um deles acoplou-se um frasco com solução aquosa de formol a 1%.

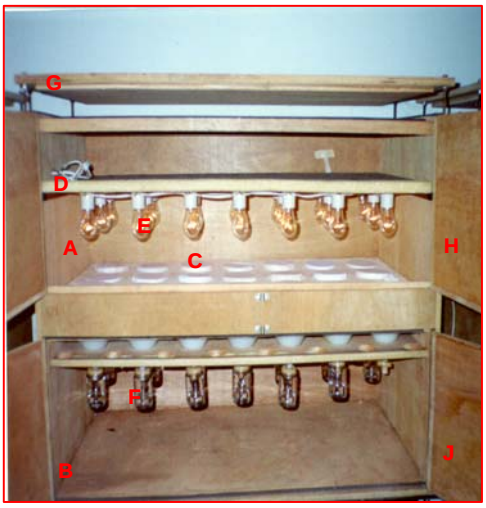


Figura 3 - Caixa extratora de formigas: (A) compartimento superior; (B) compartimento inferior; (C) placa de poliestireno perfurada, para o encaixe das amostras; (D) placa de compensado; (E) lâmpada de 15 W; (F) frasco com líquido coletor; (G) teto suspenso para circulação de ar; (H e J) porta da caixa

No momento da extração, o anel de alumínio contendo a amostra, com a superfície superior voltada para baixo, foi inserido em outro anel, de PVC, de 10 cm de diâmetro x 6 cm de altura, cuja base era fechada com uma tela plástica de 4 mm de malha. Cada anel de PVC foi coberto com um tecido de algodão branco, levado à caixa extratora e encaixado em uma das perfurações da placa de poliestireno, de forma que as bordas do tecido ficassem presas entre a placa e o PVC, revestindo a amostra e evitando sua exposição direta à luz. O posicionamento das amostras no interior das caixas foi aleatório. Após o preenchimento completo das caixas, iniciou-se o processo de extração. As portas foram fechadas e o teto de cada uma das caixas foi erguido para a saída da umidade proveniente da secagem da serapilheira e do solo. As amostras permaneceram nas caixas com as lâmpadas acesas durante sete dias, sendo a temperatura diariamente aumentada em 5$^{o}$C, através de um controlador de voltagem, sendo as temperaturas de aproximadamente 25, 30, 35, 40, 45, 50 e 55$^{o}$C do primeiro ao sétimo dia.

Com as lâmpadas atuando como fonte de luz e calor, as amostras foram desidratadas gradual e lentamente de cima para baixo durante o processo de extração. A luz, o calor e a baixa umidade relativa no compartimento superior, contrapondo-se ao escuro, baixa temperatura e maior umidade no inferior, conduziram as formigas e outros organismos para a parte inferior da amostra, fugindo da dessecação. Ao encontrarem a malha plástica na base do recipiente de PVC, os mesmos caíram nos funis, que os direcionavam aos frascos com a solução de formol.

### 3.4 Triagem, montagem e identificação dos formicídeos

No laboratório, das 20 amostras em cada coleta, formou-se apenas uma. Nesse caso, cada fragmento consistiu de 4 coletas com 4 amostras grandes, tanto da serapilheira como do solo.

O material extraído foi triado em estereomicroscópio no Laboratório de Acarologia da ESALQ/USP. As formigas foram separadas das impurezas resultantes do processo de extração (serapilheira, solo e outros organismos) e fixadas em álcool 70%, em frascos de 10 ml devidamente rotulados com o número da amostra, e encaminhados ao Laboratório de Mirmecologia do Centro de Pesquisas do Cacau/Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPEC/CEPLAC), no município de Ilhéus, BA, onde foram montadas e identificadas sob estereomicroscópio.

Na etapa de identificação foi feita uma coleção de referência sob a orientação do Dr. Jacques H. C. Delabie e, a partir desta coleção, foi realizada a identificação dos demais exemplares por comparação. Os exemplares foram etiquetados e depositados sob o número de registro #5395 na coleção do Laboratório de Mirmecologia do CEPEC/CEPLAC.

## 3.5 Análise dos dados

### 3.5.1 Formicifauna

A fauna dos formicídeos foi caracterizada pelo número de espécies coletadas nas áreas descritas anteriormente, construindo-se uma tabela com as informações taxonômicas, em função dos dados de ocorrência das espécies. A partir desta tabela, discutiram-se os dados numéricos, táxon por táxon. Com relação ao número médio de espécimes e espécies de formigas em serapilheira e solo, em cada coleta, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste “t” de Student a 5% de probabilidade de erro.

### 3.5.2 Análise faunística

Os seguintes índices foram calculados com base no programa ANAFAU, desenvolvido pelo Setor de Entomologia da ESALQ/USP: freqüência, abundância, dominância e constância.

♦ **Freqüência (F) –** Este tópico foi determinado somando-se os dados das quatro coletas e calculando-se as porcentagens de indivíduos de cada espécie em relação ao total de insetos coletados, segundo Silveira Neto et al. (1976).

De acordo com os resultados obtidos, estabeleceu-se a classe de freqüência correspondente a cada espécie através de intervalos de confiança (IC) da média aritmética a 5% de probabilidade, a saber:

a) Pouco freqüente (pf) = f < limite inferior (LI) do IC da média a 5%;

b) Freqüente (f) = f situado dentro do IC da média a 5%;

c) Muito freqüente (mf) = f > limite superior (LS) do IC da média a 5%.

♦ **Abundância (A) –** Refere-se ao número de indivíduos por unidade de superfície ou volume e varia no espaço e no tempo. Foi estabelecida pela soma total dos indivíduos de cada espécie, empregando-se uma medida de dispersão, conforme Silveira Neto *et al*. (1976), através do cálculo de desvio padrão e intervalo de confiança (IC) da média aritmética, utilizando-se o teste “t” a 5% de probabilidade. Foram estabelecidas as seguintes classes de abundância:

a) Rara (r) = número de indivíduos menor que o limite inferior (LI) do IC da média a 1%;

b) Dispersa (d) = número de indivíduos situados entre os limites inferiores do IC da média a 5% e 1%;

c) Comum (c) = número de indivíduos situados dentro do IC da média a 5%;

d) Abundante (a) = número de indivíduos situado entre os limites superiores (LS) do IC da média a 5% e 1%;

e) Muito abundante (ma) = número de indivíduos maior que o limite superior do IC da média a 1%.

♦ **Dominância (D) –** É a ação exercida pelos organismos dominantes. A dominância consiste na capacidade da espécie em modificar, em seu benefício, o impacto recebido do ambiente, podendo assim causar o aparecimento ou desaparecimento de outros organismos. Foi determinada através da soma dos indivíduos coletados durante o levantamento e analisados pelo método de Laroca & Mielke (1975), utilizando-se as equações:

**Limite Superior** $(LS) = \dfrac{n_1.F_0}{n_2 + n_1.F_0.100}$ onde:

$n_1 = 2(k+1);$

$n_2 = 2(N-k+1).$

**Limite Inferior** $(LI) = \dfrac{1 - n_1.F_0}{n_2 + n_1.F_0.100}$ onde:

$n_1 = 2(N-k+1);$

$n_2 = 2(k+1).$

Sendo:

$N =$ número total de indivíduos coletados;

$k =$ número de indivíduos de cada espécie;

$F_0 =$ valor obtido através da tabela de distribuição de "F", ao nível de 5% de probabilidade (F > 1), nos graus de liberdade de $n_1$ e $n_2$.

Os limites inferiores $(LI)$ foram comparados com os limites superiores $(LS)$ para $k = 0$, sendo considerada espécie dominante aquela que apresentar $LI > LS$, quando $k = 0$.

Para os índices de freqüência, abundância e dominância, os dados discrepantes foram analisados pela análise gráfica de resíduo (Atkinson, 1985) e enquadrados em classes distintas, ou seja, super freqüentes (sf), super abundantes (sa) e super dominantes (sd).

♦ **Constância (C) –** Obteve-se através da porcentagem de ocorrência das espécies presentes no levantamento efetuado (Silveira Neto *et al.*, 1976), calculada pela fórmula:

$$C = \frac{p \times 100}{N} \text{ onde:}$$

$p =$ número de coletas contendo a espécie;

$N =$ número total de coletas efetuadas.

As espécies foram separadas em categorias, segundo a classificação proposta por Bodenheimer (1955):

a) Espécies constantes (w) = presentes em mais de 50% das coletas;

b) Espécies acessórias (y) = presentes em 25-50% das coletas;

c) Espécies acidentais (z) = presentes em menos de 25% das coletas.

### 3.5.3 Diversidade de espécies

A diversidade foi determinada pelo índice de Shannon-Wiener (Zar, 1996), calculado pelo programa ANAFAU. Esse índice reflete dois atributos básicos da comunidade: o número de espécies e a equitatividade. Em outras palavras, é utilizado para representar a diversidade de indivíduos de um ecossistema, sendo expresso pela seguinte fórmula:

$$H = \sum p_i (\ln p_i) \text{ onde:}$$

$H =$ Componente de riqueza de espécies;
$p_i =$ freqüência relativa da espécie "$i$" dada por $\frac{n_i}{N}$;
$\ln =$ logaritmo neperiano.

O índice $H$ é um dos melhores para o uso de comparações entre comunidades, apresentando a vantagem de ser relativamente independente do tamanho da amostra. Este índice permite a comparação entre comunidades, pelo intervalo de confiança de $H$ calculado pelo programa ANAFAU, ainda que as amostragens em cada ambiente tenham sido realizadas com tamanhos diferentes (Odum, 1988; Zar, 1996).

Também, utilizando-se o programa ANAFAU, calculou-se o índice de Eqüitabilidade (E) que estima a distribuição das espécies na amostra, verificando a homogeneidade da ocorrência numérica das espécies.

### 3.5.4 Similaridade entre habitats

Para a determinação da similaridade entre os ambientes estudados, optou-se pela aplicação do índice de Mountford (1962), o qual foi proposto para indicar a semelhança entre duas comunidades, com relação à composição de seus indivíduos. O cálculo desse índice foi realizado com o programa ANAFAU e a sua fórmula é:

$$IS = \frac{2j}{2ab-(a+b)j} \text{ onde:}$$

$a =$ número de espécies no habitat A;

$b =$ número de espécies no habitat B;

$j =$ número de espécies comuns aos dois habitats.

### 3.5.5 Riqueza estimada de espécies

A riqueza estimada de espécies foi obtida por meio do índice de Chao 2. Na verdade, trata-se de um dos estimadores não paramétricos, utilizados na estatística, que assume o tipo de distribuição no conjunto de dados e os ajustam a um modelo determinado (Moreno, 2001). Esta estimativa foi obtida por meio do programa EstimateS (Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples), versão 6.0.b1. (Colwell, 2004), escolhido por utilizar os dados de freqüência de espécies desconsiderando a abundância (Colwell & Coddington, 1994) e é influenciado pelas espécies *singletons* e *doubletons*. (Chao, 1987). Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. O índice foi calculado pela seguinte fórmula:

$$S_2 = S_{obs} + \frac{L^2}{2M} \text{ onde:}$$

$S_2 =$ índice de riqueza;

$S_{obs} =$ número de espécies observadas em todas as amostras combinadas;

$L =$ freqüência de espécies que ocorrem somente em uma amostra (*singletons*);

$M =$ freqüência de espécies que ocorrem somente em duas amostras (*doubletons*);

### 3.5.6 Número de espécies *singletons* e *doubletons*

A avaliação do número de espécies *singletons* (espécies que apareceram uma única vez, sendo aparentemente raras) e *doubletons* (espécies que apareceram duas vezes) foi realizado por meio do programa EstimateS, versão 6.0.b1. (Colwell, 2004). Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

### 3.5.7 Curva de acumulação de espécies

A curva de acumulação de espécies ou curva do coletor mostra o acúmulo de diferentes espécies coletadas à medida que se aumenta o esforço amostral. A curva foi calculada usando o EstimateS, versão 6.0.b1 (Colwell, 2004).

### 3.5.8 Guildas

As formigas foram agrupadas em guildas com base no trabalho de Delabie et al. (2000a).

# 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 4.1 Formicifauna em fragmentos da Mata Atlântica

Coletaram-se 5.209 formigas, distribuídas em 70 espécies, 36 gêneros, 21 tribos e 9 subfamílias (Tabela 2). Anteriormente, Bolton (1994) havia registrado 8 subfamílias na região Neotropical. Recentemente, as formigas foram classificadas em 21 subfamílias, sendo que 14 ocorrem na região Neotropical (Bolton, 2003). Os altos números de gêneros e espécies ocorreram, certamente, porque os fragmentos estudados ainda estão bem conservados, mantendo nichos disponíveis para os formicídeos, tais como locais para forrageamento e nidificação. Além disso, podem proporcionar um microclima adaptado ao ciclo biológico desses organismos. Segundo Bernstein & Gobbel (1979), a estruturação e estabilidade das comunidades de formigas são muito dependentes desses processos.

A subfamília com o maior número de táxons foi Myrmicinae, com 10 tribos, 20 gêneros e 40 espécies (57,14%), corroborando os resultados de Castro & Queiroz (1987), Oliveira & Della Lucia (1992), Marinho et al. (2002), Ramos et al. (2003a) e Dias (2004) em outras localidades e utilizando-se outros métodos de coleta. Os formicídeos dessa subfamília constituem, segundo Fowler et al. (1991), um dos grupos mais diversificados em relação aos hábitos alimentar e de nidificação. O estado atual do conhecimento sobre sua taxonomia é desigual entre as tribos que a compõem, sendo o único trabalho, o de Kugler (1978), que as estuda comparativamente pelo o aparelho de ferrão.

Tabela 2. Posição taxonômica de formigas coletadas (X) em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

| **Táxons** | **Ambientes amostrados** | | |
|---|---|---|---|
| | **Cananéia** | **Ibicatu** | **Pariquera-Açu** |
| **Subfamília Amblyoponinae** | | | |
| **Tribo Amblyoponini** | | | |
| *Amblyopone armigera* Mayr, 1887 | X | - | - |
| *Amblyopone lurilabes* Lattke, 1991 | - | - | X |
| **Subfamília Cerapachyinae** | | | |
| **Tribo Acanthostichini** | | | |
| *Acanthostichus quadratus* (Emery, 1895) | - | X | - |
| **Subfamília Dolichoderinae** | | | |
| **Tribo Dolichoderini** | | | |
| *Linepithema* sp.1 | - | X | X |
| **Subfamília Ectatomminae** | | | |
| **Tribo Ectatommini** | | | |
| *Gnamptogenys striatula* Mayr, 1883 | X | X | - |
| **Tribo Typhlomyrmecini** | | | |
| *Typhlomyrmex major* (Santschi, 1923) | - | X | - |
| **Subfamília Formicinae** | | | |
| **Tribo Camponotini** | | | |
| *Camponotus (Myrmaphaenus)* sp. 1 | - | X | - |
| **Tribo Lasiini** | | | |
| *Acropyga* sp.1 | X | - | - |
| *Paratrechina fulva* (Mayr, 1862) | X | X | X |
| *Paratrechina* sp.2 | X | - | X |
| *Paratrechina* sp.3 | - | X | - |
| **Tribo Plagiolepidini** | | | |
| *Brachymyrmex* sp.1 | X | X | X |
| *Brachymyrmex* sp.3 | - | X | X |

Tabela 2. Posição taxonômica de formigas coletadas (X) em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

| **Táxons** | **Ambientes amostrados** | | |
|---|---|---|---|
| | **Cananéia** | **Ibicatu** | **Pariquera-Açu** |
| **Subfamília Heteroponerinae** | | | |
| **Tribo Heteroponerini** | | | |
| *Heteroponera microps* Borgmeier, 1957 | - | X | - |
| **Subfamília Myrmicinae** | | | |
| **Tribo Attini** | | | |
| *Apterostigma* sp. comp. *pilosum* | - | - | X |
| *Cyphomyrmex bigibbosus* Emery, 1894 | - | X | - |
| *Cyphomyrmex peltatus* Kempf, 1966 | - | X | - |
| *Cyphomyrmex salvini* Forel, 1899 | - | X | - |
| *Cyphomyrmex transversus* Emery, 1894 | X | X | X |
| *Sericomyrmex* sp.1 | - | - | X |
| **Tribo Basicerotini** | | | |
| *Basiceros disciger* Mayr, 1887 | - | X | - |
| *Eurhopalothrix* sp. Prox. *bruchi* | - | X | - |
| *Octostruma iheringi* (Emery, 1888) | X | - | X |
| *Octostruma petiolata* (Mayr, 1887) | - | - | X |
| *Octostruma* sp.1 | X | - | X |
| **Tribo Blepharidattini** | | | |
| *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) | - | X | X |
| *Wasmannia sigmoidea* (Mayr, 1883) | - | X | X |
| **Tribo Crematogastrini** | | | |
| *Crematogaster (Orthocrema)* sp.1 | - | X | - |
| **Tribo Dacetini** | | | |
| *Pyramica denticulata* (Mayr, 1887) | X | X | X |
| *Pyramica* sp.1 | X | - | - |
| *Pyramica tanymastax* (Brown, 1964) | X | - | - |

Tabela 2. Posição taxonômica de formigas coletadas (X) em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

| **Táxons** | **Ambientes amostrados** | | |
|---|---|---|---|
| | **Cananéia** | **Ibicatu** | **Pariquera-Açu** |
| *Strumigenys dyseides* Bolton, 2000 | X | - | X |
| *Strumigenys silvestrii* Emery, 1906 | - | X | X |
| *Strumigenys spathula* Lattke & Goitia, 1997 | X | - | X |
| **Tribo Myrmicini** | | | |
| *Hylomyrma reitteri* (Mayr, 1887) | X | X | - |
| **Tribo Pheidolini** | | | |
| *Pheidole* sp.1 | X | - | X |
| *Pheidole* sp.2 | X | X | X |
| *Pheidole* sp.3 | X | - | - |
| *Pheidole* sp.4 | X | X | X |
| *Pheidole* sp.5 | X | - | X |
| *Pheidole* sp.6 | X | - | - |
| *Pheidole* sp.7 | - | X | - |
| **Tribo Pheidologetonini** | | | |
| *Carebara panamensis* (Wheeler, 1925) | - | - | X |
| **Tribo Solenopsidini** | | | |
| *Megalomyrmex silvestrii* Wheeler, 1909 | - | - | X |
| *Monomorium pharaonis* (Linnaeus, 1758) | X | - | - |
| *Oxyepoecus* sp.1 | - | X | - |
| *Solenopsis (Diplorhoptrum)* sp.1 | X | X | X |
| *Solenopsis (Diplorhoptrum)* sp.2 | X | X | X |
| *Solenopsis (Diplorhoptrum)* sp.3 | X | X | X |
| *Solenopsis (Diplorhoptrum)* sp.4 | X | X | - |
| **Tribo Stenammini** | | | |
| *Adelomyrmex longinodus* Fernandez & Brandão, 2003 | - | - | X |

Tabela 2. Posição taxonômica de formigas coletadas (X) em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

| **Táxons** | **Ambientes amostrados** | | |
|---|---|---|---|
| | **Cananéia** | **Ibicatu** | **Pariquera-Açu** |
| *Adelomyrmex* sp.1 | - | X | - |
| *Lachnomyrmex plaumanni* Borgmeier, 1957 | X | - | X |
| *Rogeria pellecta* Kempf, 1963 | - | X | - |
| **Subfamília Ponerinae** | | | |
| **Tribo Ponerini** | | | |
| *Anochetus* sp.1 | X | - | - |
| *Hypoponera foreli* Mayr, 1887 | - | X | X |
| *Hypoponera* sp.1 | X | X | X |
| *Hypoponera* sp.2 | X | X | X |
| *Hypoponera* sp.3 | X | X | X |
| *Hypoponera* sp.4 | X | X | X |
| *Hypoponera* sp.5 | - | X | - |
| *Hypoponera* sp.6 | - | X | X |
| *Hypoponera* sp.7 | - | X | - |
| *Hypoponera* sp.8 | - | X | - |
| *Odontomachus meinerti* Forel, 1905 | X | X | X |
| *Pachycondyla striata* Smith, F. 1858 | - | X | - |
| **Subfamília Proceratiinae** | | | |
| **Tribo Proceratiini** | | | |
| *Discothyrea sexarticulata* (Borgmeier, 1954) | - | X | X |
| *Discothyrea* sp.1 | X | - | - |
| *Discothyrea* sp.2 | X | X | - |
| *Proceratium brasiliense* Borgmeier, 1959 | X | - | - |
| **Total** | **36** | **45** | **37** |

A subfamília Ponerinae, que neste estudo apareceu em segundo lugar, foi subdividida em 6 subfamílias por Bolton (2003). Dessas subfamílias, 5 foram coletadas nesta pesquisa, quais sejam: Amblyoponinae, Ectatomminae, Heteroponerinae, Proceratiinae e Ponerinae. Esta subfamília constou de uma tribo, 4 gêneros e 12 espécies (17,14%), seguida de Formicinae, com 3 tribos, 4 gêneros e 7 espécies (10%). A subfamília Proceratiinae, com uma tribo, 2 gêneros e 4 espécies, correspondeu a 5,71% das espécies de formigas coletadas.

A subfamília Amblyoponinae apresentou uma tribo, um gênero e 2 espécies (2,86%). A mesma porcentagem de espécies foi encontrada para Ectatomminae, com 2 tribos e 2 gêneros.

As subfamílias Cerapachyinae, Dolichoderinae e Heteroponerinae apresentaram uma tribo, um gênero e uma espécie, representando 1,43% do total de espécies coletadas (Tabela 2). A subfamília Cerapachyinae foi encontrada em baixa freqüência, provavelmente, por ocorrer ocasionalmente na camada de *litter*, predando ovos de outras formigas (Delabie et al., 2000a), sendo constituída no presente estudo por apenas *Acanthostichus quadratus*. A subfamília Dolichoderinae foi representada por *Linepithema* sp.1, pertencente ao grupo das formigas onívoras, dominantes de solo ou serapilheira (Delabie et al., 2000a). Formigas desse gênero também são comuns em ambientes urbanos, formando uma colônia com diversos ninhos. Dentre essas formigas, a espécie *Linepithema humile*, conhecida como formiga argentina, que não foi encontrada neste estudo, pode ser problemática em diversas situações, sobretudo quando introduzida da Europa, dos Estados Unidos e da Austrália, pois interfere na germinação e no desenvolvimento de plantas nativas jovens (Bond & Slingsby, 1984). Podem, ainda, reduzir o número de formigas nativas que se aproximam dos seus ninhos, por serem consideradas agressivas, podendo monopolizar fontes alimentícias pelo alto poder de recrutamento de operárias. Em áreas urbanas, estabelecem-se em residências, procurando alimento e água,

podendo, também, recrutar números extensos de operárias, construindo ninhos em vasos de plantas ornamentais, pequenas cavidades nas paredes e no chão, etc. (Ward, 1987). De acordo com Jacques H. C. Delabie (Comunicação Pessoal), as espécies nativas de *Linepithema* são dificilmente identificáveis ao nível específico e não são consideradas pragas. As formigas da subfamília Heteroponerinae são dificilmente coletadas, pois formam ninhos pequenos, com menos de 200 operárias, embaixo de pedras e em madeira morta (Brown Junior, 1958).

As subfamílias Ecitoninae, Pseudomyrmecinae e Leptanilloidinae não foram coletadas neste estudo. Entretanto, segundo Brandão et al. (1999), formigas dessas subfamílias são comuns em ambientes naturais (Brandão et al., 1999). Isso era esperado, já que Ecitoninae e Leptanilloidinae são compostas por formigas nômades que dificilmente são amostradas com armadilhas de solo (Brandão, 1999; Bestelmeyer et al., 2000). Além disso, a subfamília Ecitoninae é constituída por formigas extremamente agressivas, carnívoras e formadoras de grandes colônias, não possuindo o hábito de armazenarem alimentos durante grandes períodos de tempo. Por essa razão, precisam migrar para encontrar uma quantidade de presas suficiente para as suas necessidades alimentares (Fowler et al., 1991; Delabie et al., 2000a). Pseudomyrmecinae possue o hábito de nidificar exclusivamente em árvores, forrageando, eventualmente ou temporariamente, no *litter*, existindo somente duas espécies comprovadamente terrícolas (*Pseudomyrmex termitarius* e *P. tenuis*), que nidificam no solo sem vegetação, geralmente em cima de cupinzeiros (Ramos, L.S., 2001).

Dos 36 gêneros registrados no inventário, os quatro mais ricos em espécies foram *Hypoponera*, com 9, *Pheidole*, com 7, *Cyphomyrmex* e *Solenopsis*, ambos com 4 espécies (Tabela 2). Esses gêneros estão entre os mais abundantes e ricos em número de espécies no mundo (Bolton, 1995; Brandão, 1999). Nos estudos de Marinho et al. (2002) os gêneros *Hypoponera*, *Pheidole* e *Solenopsis* também foram os mais abundantes e

ricos em espécies. Esses resultados corroboram os de Wilson (1976), acerca dos gêneros *Pheidole* e *Solenopsis* na região Neotropical.

Segundo Brandão (1999), já foram descritas 35 espécies de *Hypoponera* na região Neotropical, sendo um dos gêneros mais representativos dentro da subfamília Ponerinae, com relação ao número de espécies. Muitas destas encontram-se sob pedras e madeira decomposta, forrageando folhas ainda em decomposição e algumas espécies são predadoras específicas de Collembola (Santschi, 1938).

Em outros estudos (Santos & Marques, 1996; Soares et al., 1998; Ramos et al., 2002ab; Dias, 2004), o gênero *Pheidole* foi predominante. Esse gênero encontra-se entre os mais amplamente distribuídos, possuindo o maior número de espécies nas Américas (Hölldobler & Wilson, 1990), apresentando mais de 600 espécies na região Neotropical (Wilson, 2003). A dominância desse gênero ocorre pelo seu eficiente recrutamento, o que lhe permite dominar os recursos alimentares e excluir de maneira eficiente seus competidores (Fowler, 1993). É considerado um gênero não especialista, mas altamente competitivo, com espécies ecologicamente diversificadas, incluindo coletoras de sementes, onívoras, predadoras e mutualísticas em associações com plantas e Homoptera (Sudd & Franks, 1987; Hölldobler & Wilson, 1990).

Diferente dos resultados obtidos neste estudo, onde foram coletadas 4 espécies de *Cyphomyrmex*, apenas 2 foram registradas por Soares et al. (1998), Marinho et al. (2002) e Ramos et al. (2003a). Segundo Mayhé-Nunes (1995), esse gênero é abundante nos biomas da América do Sul, sendo um dos mais primitivos dentro das Attini (Schultz & Meier, 1995). As colônias são monogínicas (Murakami & Higashi, 1997) e todas as espécies cultivam leveduras (Mueller et al., 1998). Os vôos nupciais ocorrem praticamente em todos os meses do ano. As operárias mais velhas preferem alimentos líquidos, como néctar ou seiva de plantas, enquanto as larvas, as

operárias jovens e a rainha preferem leveduras (Nascimento & Delabie, 1998).

Trabalhos realizados por Campiolo & Delabie (2000) e Ramos et al. (2003a) encontraram várias morfoespécies de *Solenopsis*. Este gênero é extremamente abundante (Andersen, 1991b), possuindo mais de 90 espécies descritas na região Neotropical (Brandão, 1999) e é composto por espécies cosmopolitas de hábito alimentar variado, apreciadoras de *honeydew* de cochonilhas e pulgões, além de insetos imaturos e adultos mortos (Gonçalves & Nunes, 1984). São formigas pequenas que ocupam primariamente a fração interior da serapilheira e raramente sobem à superfície desta em busca de alimento (Silvestre, 2000). Sabe-se que as espécies desse gênero estão entre as mais agressivas na utilização de recursos em serapilheira, sendo particularmente freqüentes em ambientes agrícolas e nativos (Delabie & Fowler, 1995). São formigas que podem passar longos períodos de escassez de alimento e competir com outras espécies de formigas ou outros grupos de animais por apresentarem eficiente estratégia de recrutamento em massa (Fowler et al., 1991).

A maioria dos gêneros (*Acanthostichus*, *Acropyga*, *Apterostigma*, *Basiceros*, *Camponotus*, *Carebara*, *Crematogaster*, *Eurhopalothrix*, *Gnamptogenys*, *Heteroponera*, *Hylomyrma*, *Lachnomyrmex*, *Linepithema*, *Megalomyrmex*, *Monomorium*, *Odontomachus*, *Oxyepoecus*, *Pachycondyla*, *Proceratium*, *Rogeria*, *Sericomyrmex* e *Typhlomyrmex*) foi representada por apenas uma espécie. Isso pode ter ocorrido em função do método de amostragem, pois, para se ter idéia, nos estudos de Santos (2004) os gêneros *Apterostigma* e *Camponotus*, por exemplo, estiveram entre os mais abundantes. Segundo este autor, a explicação para o primeiro gênero baseiou-se no microclima úmido no interior das florestas, o que proporciona uma alta produção de serapilheira e, conseqüentemente, maior disponibilidade de matéria orgânica, já que as espécies são cultivadoras de fungo a partir da decomposição da matéria orgânica. Mas, no presente

estudo isso também foi evidenciado, prevalecendo a hipótese da coleta utilizada. Para confirmar tal hipótese, salienta-se o fato de muitas dessas espécies possuir tamanho grande. Com isso, caso fossem utilizados outros métodos de coletas, como empregado por Olson (1991), provavelmente ocorreria o inverso, ou seja, essas formigas seriam coletadas em elevadas proporções.

O gênero *Camponotus*, apesar de ser abundante em vários levantamentos taxonômicos (Bonnet & Lopes, 1993), contém várias espécies onívoras (Wilson, 1976), sendo muito freqüente em plantas tropicais e constituído também por espécies terrícolas, possuindo alta capacidade de invasão e adaptação para interagir com outros organismos. As espécies são predominantemente noturnas (Hölldobler & Wilson, 1990; Oliveira & Brandão, 1991), provável razão pela qual apenas uma morfoespécie, com 4 espécimes, foi coletada nesta pesquisa. Grande parte desse gênero tem ampla distribuição no mundo, alimentando-se de dieta líquida, mantendo associações com homópteros (Fowler et al., 1991).

Com relação ao número de espécies nos ambientes estudados, a Estação Ecológica de Ibicatu, município de Piracicaba, apresentou o maior número (45), seguido de Pariquera-Açu e Cananéia, com 37 e 36 espécies respectivamente.

As espécies *Acropyga* sp.1, *Amblyopone armigera*, *Anochetus* sp.1 e *Pyramica tanymastax* foram exclusivas de Cananéia, enquanto *Acanthostichus quadratus*, *Adelomyrmex* sp.1, *Basiceros disciger*, *Camponotus* (*Myrmaphaenus*) sp.1, *Cyphomyrmex bigibbosus*, *Cyphomyrmex peltatus*, *Cyphomyrmex salvini*, *Crematogaster* (*Orthocrema*) sp.1, *Eurhopalothrix* sp. prox. *bruchi*, *Heteroponera microps*, *Hypoponera* sp.7, *Hypoponera* sp.8, *Oxyepoecus* sp.1, *Pachycondyla striata*, *Pheidole* sp.7, *Rogeria pellecta* e *Typhlomyrmex major* foram encontradas apenas na Estação Ecológica de Ibicatu. Já *Adelomyrmex longinodus*, *Amblyopone lurilabes*, *Apterostigma* sp. comp. *pilosum*, *Carebara panamensis*,

*Megalomyrmex silvestrii* e *Sericomyrmex* sp.1 só foram coletadas em Pariquera-Açu.

As espécies *Brachymyrmex* sp.1, *Cyphomyrmex transversus*, *Hypoponera* sp.1, *Hypoponera* sp.2, *Hypoponera* sp.3, *Hypoponera* sp.4, *Odontomachus meinerti*, *Paratrechina fulva*, *Pheidole* sp.2, *Pheidole* sp.4, *Pyramica denticulata*, *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1, *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 e *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 foram comuns em todos os ambientes (Tabela 2). Até certo ponto isso era previsto, pois, por exemplo, o gênero *Brachymyrmex*, segundo Delabie et al. (2000a), forrageia no solo ou na serapilheira, sendo de ampla distribuição (Fowler et al., 1991). *Cyphomyrmex* também é um gênero Neotropical bem diversificado. No entanto, existem poucas informações sobre sua biologia, por isso é considerado primitivo (Mayhé-Nunes, 1995; Schultz & Meier, 1995).

Quanto aos gêneros *Hypoponera* e *Pheidole*, como relatado anteriormente, sabe-se que são extremamente abundantes em florestas tropicais (Hölldobler & Wilson, 1990; Brandão, 1999).

Espécies do gênero *Odontomachus* são predadoras generalistas e algumas foram observadas, em pastagens, atuando como dispersoras de sementes, carregando grandes sementes de árvores em áreas degradadas (Fowler et al., 1991).

As espécies de *Paratrechina* são conhecidas como “formigas-loucas”, porque possuem movimentos rápidos e erráticos. São pequenas, vivendo em ambientes abertos, em praticamente todas as áreas tropicais, e também sob rochas e madeiras. Espécies desse gênero são consideradas muito abundantes e forrageiam à noite próximo aos ninhos. São onívoras, alimentando-se de insetos vivos e mortos, sementes, *honeydew* e exsudatos de plantas. As “formigas-loucas” também são freqüentemente encontradas nas cidades tropicais, em todos os tipos de construções, sendo, portanto, consideradas antrópicas (Trager, 1984).

O gênero *Pyramica* é constituído por formigas pequenas e predadoras. Algumas espécies, por exemplo, são especialistas de Collembola, enquanto outras se alimentam de pequenos insetos e ácaros. São abundantes em florestas tropicais, existindo cerca de 325 espécies descritas no mundo (Bolton, 1999). Em relação a *P. denticulata*, sua presença em todos os fragmentos estudados pode ser explicada pelo fato de pertencer ao grupo de predadora especialista de Collembola e, como o hábito predatório está em vários grupos de animais associado a generalização de habitats, favorece, em tese, uma ampla distribuição geográfica.

O gênero *Solenopsis*, também já comentado anteriormente, possui espécies típicas de áreas perturbadas. Às vezes são consideradas como influentes sobre processo de recuperação florestal (Ramos et al., 2003b). Possivelmente, todos os fragmentos em estudo estão passando por processo de regeneração, o que pode explicar a ocorrência da espécie *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 em todos os fragmentos em estudo. Esses resultados também corroboram os de Santos (2004).

## 4.2 Caracterização das comunidades de formigas

A análise faunística é uma técnica que vem sendo utilizada há muitos anos para caracterizar e delimitar uma comunidade, medir o impacto ambiental de uma área, conhecer espécies predominantes e comparar áreas com base nas espécies de insetos.

Considerando que a determinação dos índices faunísticos foi realizada para selecionar as espécies predominantes, os táxons foram categorizados (Tabela 3) quanto a dominância, abundância, freqüência e constância da comunidade de formigas nos fragmentos florestais estudados.

Nos três fragmentos foram encontradas 37 espécies dominantes e 33 não dominantes. Com relação à abundância, 11 foram muito abundantes, 8

comuns, 2 dispersas e 49 raras. Para a freqüência, 11 muito freqüentes, 8 freqüentes e 51 pouco freqüentes.

Tabela 3. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira e solo de fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total**(1) | **D**(2) | **A**(3) | **F**(4) | **C**(5) |
|---|---|---|---|---|---|
| *Acanthostichus quadratus* | 16 | do | r | pf | y |
| *Acropyga* sp.1 | 144 | do | ma | mf | w |
| *Adelomyrmex longinodus* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Adelomyrmex* sp.1 | 2 | nd | r | pf | y |
| *Amblyopone armigera* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Amblyopone lurilabes* | 3 | nd | r | pf | w |
| *Anochetus* sp.1 | 4 | nd | r | pf | y |
| *Apterostigma* sp. comp. *Pilosum* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Basiceros disciger* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Brachymyrmex* sp.1 | 453 | do | ma | mf | w |
| *Brachymyrmex* sp.3 | 33 | do | d | pf | w |
| *Camponotus (Myrmaphaenus)* sp. 1 | 4 | nd | r | pf | y |
| *Carebara panamensis* | 13 | do | r | pf | w |
| *Crematogaster (Orthocrema)* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Cyphomyrmex bigibbosus* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Cyphomyrmex peltatus* | 4 | nd | r | pf | y |
| *Cyphomyrmex salvini* | 8 | do | r | pf | w |
| *Cyphomyrmex transversus* | 105 | do | c | f | w |
| *Discothyrea sexarticulata* | 9 | do | r | pf | w |
| *Discothyrea* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Discothyrea* sp.2 | 4 | nd | r | pf | w |
| *Eurhopalothrix* sp. prox. *bruchi* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Gnamptogenys striatula* | 10 | do | r | pf | w |

Tabela 3. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira e solo de fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total**(1) | **D**(2) | **A**(3) | **F**(4) | **C**(5) |
|---|---|---|---|---|---|
| *Heteroponera microps* | 6 | do | r | pf | w |
| *Hylomyrma reitteri* | 5 | nd | r | pf | w |
| *Hypoponera foreli* | 5 | nd | r | pf | w |
| *Hypoponera* sp.1 | 230 | do | ma | mf | w |
| *Hypoponera* sp.2 | 82 | do | c | f | w |
| *Hypoponera* sp.3 | 25 | do | r | pf | w |
| *Hypoponera* sp.4 | 74 | do | c | f | w |
| *Hypoponera* sp.5 | 10 | do | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.6 | 21 | do | r | pf | w |
| *Hypoponera* sp.7 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.8 | 40 | do | c | f | w |
| *Lachnomyrmex plaumanni* | 3 | nd | r | pf | w |
| *Linepithema* sp.1 | 3 | nd | r | pf | w |
| *Megalomyrmex silvestrii* | 4 | nd | r | pf | y |
| *Monomorium pharaonis* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Octostruma iheringi* | 50 | do | c | f | w |
| *Octostruma petiolata* | 10 | do | r | pf | w |
| *Octostruma* sp.1 | 12 | do | r | pf | w |
| *Odontomachus meinerti* | 13 | do | r | pf | w |
| *Oxyepoecus* sp. | 20 | do | r | pf | y |
| *Pachycondyla striata* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Paratrechina fulva* | 71 | do | c | f | w |
| *Paratrechina* sp.2 | 4 | nd | r | pf | y |
| *Paratrechina* sp.3 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.1 | 26 | do | r | pf | w |
| *Pheidole* sp.2 | 10 | do | r | pf | w |

Tabela 3. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira e solo de fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total**[1] | **D**[2] | **A**[3] | **F**[4] | **C**[5] |
|---|---|---|---|---|---|
| *Pheidole* sp.3 | 138 | do | ma | mf | w |
| *Pheidole* sp.4 | 355 | do | ma | mf | w |
| *Pheidole* sp.5 | 31 | do | d | pf | w |
| *Pheidole* sp.6 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.7 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Proceratium brasiliense* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pyramica denticulata* | 707 | do | ma | mf | w |
| *Pyramica* sp.1 | 3 | nd | r | pf | w |
| *Pyramica tanymastax* | 4 | nd | r | pf | w |
| *Rogeria pellecta* | 3 | nd | r | pf | y |
| *Sericomyrmex* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Solenopsis (Diplorhoptrum)* sp.1 | 402 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis (Diplorhoptrum)* sp.2 | 422 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis (Diplorhoptrum)* sp.3 | 717 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis (Diplorhoptrum)* sp.4 | 376 | do | ma | mf | w |
| *Strumigenys dyseides* | 97 | do | c | f | w |
| *Strumigenys silvestrii* | 5 | nd | r | pf | y |
| *Strumigenys spathula* | 16 | do | r | pf | w |
| *Typhlomyrmex major* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Wasmannia auropunctata* | 317 | do | ma | mf | y |
| *Wasmannia sigmoidea* | 58 | do | c | f | w |

(1)Total de espécimes coletados;

(2)Dominância - sd: super dominante; do: dominante; nd: não dominante;

(3)Abundância - sa: super abundante; ma: muito abundante; a: abundante; c: comum; d: dispersa; r: rara;

(4)Freqüência - sf: super freqüente; mf: muito freqüente; f: freqüente; pf: pouco freqüente;

(5)Constância - w: constante; y: acessória; z: acidental.

Apesar de muitas espécies serem consideradas raras, merecem atenção especial *Acanthostichus quadratus*, *Adelomyrmex longinodus*, *Adelomyrmex* sp.1, *Amblyopone armigera*, *Amblyopone lurilabes*, *Anochetus* sp.1, *Basiseros disciger*, *Discothyrea* sp.1, *Eurhopalothrix* sp. prox. *bruchi*, *Heteroponera microps*, *Lachnomyrmex plaumanni*, *Oxyepoecus* sp., *Proceratium brasiliense* e *Typhlomyrmex major*. Dessas, espécies pertencentes aos gêneros *Anochetus* (Santos & Marques, 1996; Soares et al., 1998; Marinho et al., 2002; Ramos et al., 2003ab), *Amblyopone* (Marinho et al., 2002; Ramos et al., 2003b; Santos, 2004), *Basiceros*, *Discothyrea*, *Heteroponera* e *Oxyepoecus* (Santos, 2004) também foram registradas em outros habitats, com variados métodos de coletas. Dias (2004) também coletou, em fragmentos florestais e em cultivos adjacentes, espécimes dos gêneros *Eurhopalotrix*, *Oxyepoecus* e *Heteroponera*.

Devido à existência de inúmeros conceitos para espécies raras, as espécies citadas anteriormente foram assim consideradas por apresentarem baixa freqüência, ocorrendo apenas em ambientes em que recursos alimentares são favoráveis (Delabie et al., 2000b). Entretanto, apesar de raras, possuem grande importância nos ecossistemas tropicais, sendo responsáveis pela alta diversidade deles. Espécies, aparentemente sem importância, podem desempenhar funções indiretas, caso ocorram alterações nas comunidades, pois se adaptam ao novo meio e mantêm a vida da comunidade. A vantagem da diversidade está na sobrevivência da comunidade, pois garante maior estabilidade a esta (Silveira Neto et al., 1976). Outro enfoque sobre espécies raras foi atribuído a Espadaler & López-Soria (1991), segundo os quais a raridade é freqüentemente associada ao tipo de coleta. No geral, espécies são consideradas raras devido à baixa ocorrência nos ambientes estudados ou a dificuldade de coleta.

Entre as espécies consideradas predominantes, se destacaram, por obter os índices máximos, como dominante, muito abundante, muito

freqüente e constante, *Acropyga* sp.1 (1,92%), *Brachymyrmex* sp.1 (8,70%), *Hypoponera* sp.1(4,42%), *Pheidole* sp.3 (2,65%), *Pheidole* sp.4 (6,82%), *Pyramica denticulata* (13,61%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 (7,72%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 (8,10%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 (13,76%) e *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.4 (7,22%). Juntas, estas 10 espécies compreenderam 74,92% do total de espécimes coletados. De acordo com Brandão (1999), essas espécies são predominantes em ambientes tropicais. A espécie *Wasmannia auropunctata* foi dominante, muito abundante e muito freqüente. No entanto, não foi constante. Segundo Delabie (1988), essa formiga costuma se estabelecer na serapilheira, na base ou em fenda da casca de troncos, em madeira em decomposição e, ainda, entre pedras.

Com relação ao número médio de espécimes, considerando-se as 4 coletas, registrou-se a maior quantidade na serapilheira quando comparada ao solo (Figura 4), corroborando os resultados de Gill (1969), de que a simples presença de serapilheira determina a distribuição vertical e a abundância de artrópodos no solo. Price & Benham (1977) afirmaram que a densidade populacional dos artrópodos diminui à medida que a camada mineral é aprofundada. Ainda com relação à distribuição vertical de artrópodos no solo, Morais (1995) afirmou que estes são mais abundantes na camada de 0 a 3,5 cm de profundidade. Dentre outros, um fator limitante é o teor de argila do solo que dificulta a penetração de espécies maiores.

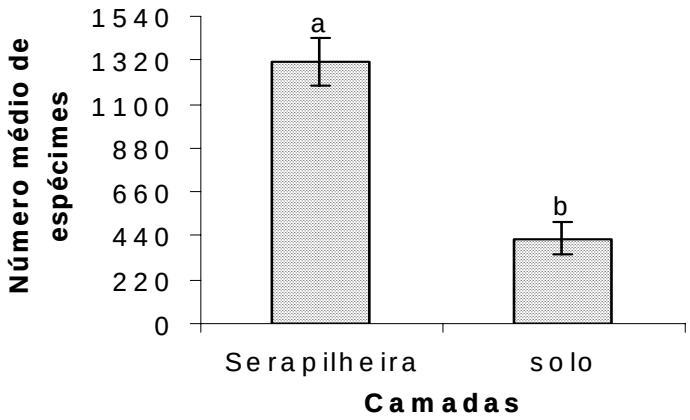


Figura 4 - Número médio (± erro padrão) de espécimes de formigas coletadas em serapilheira e solo em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

Não se observaram diferenças significativas nas duas camadas (serapilheira e solo), com relação ao número médio de espécies (Figura 5), nas 4 coletas, levando-se em consideração os três ambientes estudados. Isso ocorreu, provavelmente, porque as espécies coletadas no solo encontravam-se próximas da camada orgânica (serapilheira). Isso pode ser explicado pela altura da sonda cilíndrica utilizada para a coleta das formigas, à qual foi introduzida em somente 5 cm da camada mineral, o que segundo Harada & Bandeira (1994), é a profundidade capaz de capturar 45% da fauna de invertebrados. Justificando ainda o exposto, Morais (1995) confirmou que na camada orgânica há maior disponibilidade de recursos alimentares para os artrópodos.

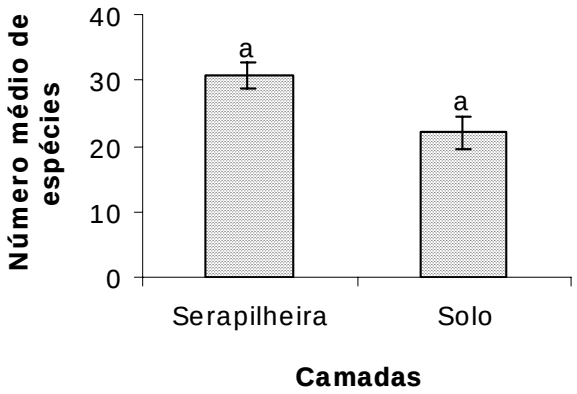


Figura 5 - Número médio (± erro padrão) de espécies de formigas coletadas em serapilheira e solo em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

Quanto ao número médio de espécimes e espécies por coleta, respectivamente, a serapilheira foi superior ao solo (Figuras 6 e 7), confirmando, as observações de Gill (1969), Price & Benham (1977) e Morais (1995).

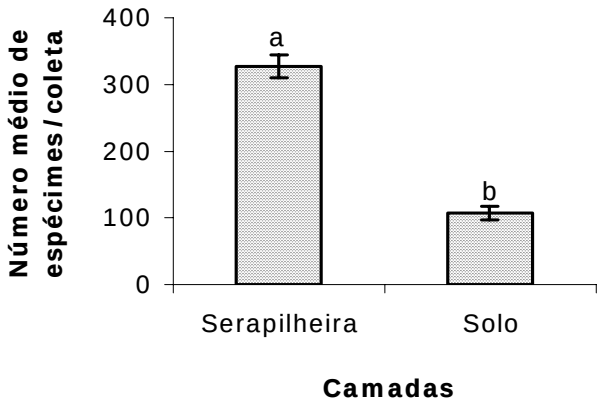


Figura 6 - Número médio (± erro padrão) de espécimes de formigas por coleta em serapilheira e solo em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

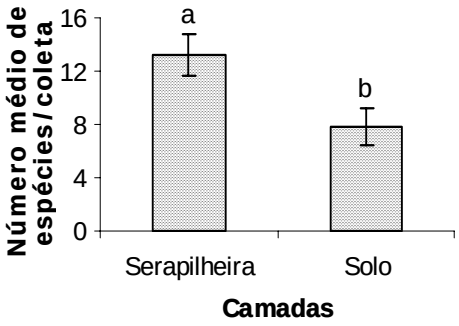


Figura 7 - Número médio (± erro padrão) de espécies de formigas por coleta em serapilheira e solo em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

### 4.2.1 Fragmento I: Cananéia

Neste fragmento florestal, coletaram-se 2.077 espécimes, pertencentes a 36 espécies, sendo 17 dominantes e 19 não dominantes. No tocante ao índice abundância, 7 foram consideradas muito abundantes, 6 comuns, 1 dispersa e 22 raras. Com relação à freqüência, 7 foram consideradas muito freqüentes, 6 freqüentes e 23 pouco freqüentes. De todas as espécies, 23 foram constantes e 13 acessórias (Tabela 4).

Tabela 4. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira e solo no fragmento de Cananéia, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| Espécies | Total | D | A | F | C |
|---|---|---|---|---|---|
| *Acropyga* sp.1 | 144 | do | ma | mf | w |
| *Amblyopone armigera* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Anochetus* sp.1 | 4 | nd | r | pf | y |
| *Brachymyrmex* sp.1 | 238 | do | ma | mf | w |
| *Cyphomyrmex transversus* | 44 | do | c | f | y |
| *Discothyrea* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Discothyrea* sp.2 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Gnamptogenys striatula* | 7 | do | r | pf | w |
| *Hylomyrma reitteri* | 3 | nd | r | pf | w |
| *Hypoponera* sp.1 | 38 | do | c | f | w |
| *Hypoponera* sp.2 | 71 | do | c | f | w |
| *Hypoponera* sp.3 | 4 | nd | r | pf | w |
| *Hypoponera* sp.4 | 22 | do | d | pf | w |
| *Lachnomyrmex plaumanni* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Monomorium pharaonis* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Octostruma iheringi* | 2 | nd | r | pf | w |

Tabela 4. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira e solo no fragmento de Cananéia, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Octostruma* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Odontomachus meinerti* | 5 | nd | r | pf | w |
| *Paratrechina fulva* | 4 | nd | r | pf | y |
| *Paratrechina* sp.2 | 3 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.1 | 20 | nd | r | pf | w |
| *Pheidole* sp.2 | 8 | do | r | pf | w |
| *Pheidole* sp.3 | 138 | do | ma | mf | w |
| *Pheidole* sp.4 | 44 | do | c | f | w |
| *Pheidole* sp.5 | 30 | do | c | f | w |
| *Pheidole* sp.6 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Proceratium brasiliense* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pyramica denticulata* | 313 | do | ma | mf | w |
| *Pyramica* sp.1 | 3 | nd | r | pf | w |
| *Pyramica tanymastax* | 4 | nd | r | pf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 | 330 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 | 30 | do | c | f | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 | 272 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.4 | 272 | do | ma | mf | w |
| *Strumigenys dyseides* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Strumigenys spathula* | 13 | do | r | pf | w |

Constatou-se que 7 espécies foram predominantes nesse fragmento, por obterem os índices máximos, como já citados anteriormente. As espécies incluídas nessa categoria foram: *Acropyga* sp.1 (6,93%), *Brachymyrmex* sp.1 (11,46%), *Pheidole* sp.3 (6,64%), *Pyramica denticulata* (15,07%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 (15,89%), *Solenopsis*

(*Diplorhoptrum*) sp.3 (13,10%) e *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.4 (13,10%). Essas formigas representaram 82,19% do total de espécimes coletados.

Com relação às camadas estratificadas, observou-se que na serapilheira o número médio de espécimes e de espécies em cada coleta foi maior que no solo (Figuras 8 e 9), concordando com os resultados de Gill (1969), Price & Benham (1977) e Morais (1995).

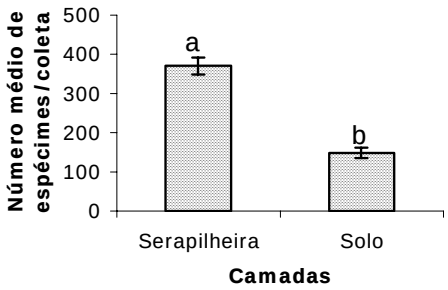


Figura 8 - Número médio (± erro padrão) de espécimes de formigas por coleta em serapilheira e solo no fragmento de Cananéia, SP, entre março de 2002 e março de 2003

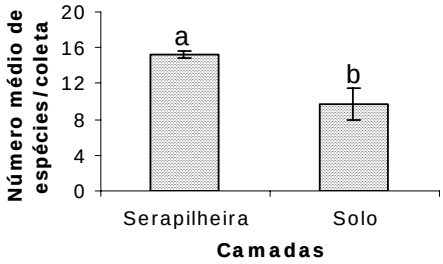


Figura 9 - Número médio (± erro padrão) de espécies de formigas por coleta em serapilheira e solo no fragmento de Cananéia, SP, entre março de 2002 e março de 2003

Na serapilheira foram coletados 1.481 espécimes, os quais pertenciam a 27 espécies. Destas, 17 foram dominantes e 10 não dominantes. Quanto a abundância, 5 foram muito abundantes, 6 comuns, 4 dispersas e 12 raras. Com relação à freqüência, 5 foram muito freqüentes, 6 freqüentes e 16 pouco freqüentes. Para o índice constância, 18 espécies foram constantes e 9 acessórias (Tabela 5).

Tabela 5. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira no fragmento de Cananéia, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Acropyga* sp.1 | 136 | do | ma | mf | w |
| *Anochetus* sp.1 | 2 | nd | r | pf | y |
| *Brachymyrmex* sp.1 | 38 | do | c | f | w |
| *Cyphomyrmex transversus* | 20 | do | d | pf | y |
| *Discothyrea* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Discothyrea* sp.2 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Gnamptogenys striatula* | 7 | do | r | pf | w |
| *Hylomyrma reitteri* | 3 | nd | r | pf | w |
| *Hypoponera* sp.1 | 34 | do | c | f | w |
| *Hypoponera* sp.2 | 45 | do | c | f | w |
| *Hypoponera* sp.4 | 18 | do | d | pf | w |
| *Monomorium pharaonis* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Octostruma* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Odontomachus meinerti* | 5 | nd | r | pf | w |
| *Paratrechina fulva* | 4 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.1 | 20 | do | d | pf | w |
| *Pheidole* sp.2 | 8 | do | r | pf | w |
| *Pheidole* sp.3 | 137 | do | ma | mf | w |

Tabela 5. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira no fragmento de Cananéia, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Pheidole* sp.4 | 43 | do | c | f | w |
| *Pheidole* sp.5 | 26 | do | c | f | w |
| *Pheidole* sp.6 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pyramica denticulata* | 313 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 | 64 | do | c | f | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 | 4 | nd | r | pf | y |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 | 270 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.4 | 266 | do | ma | mf | w |
| *Strumigenys spathula* | 13 | do | d | pf | w |

Encontraram-se 5 espécies predominantes, as quais representaram 75,75% de todas as formigas coletadas na serapilheira desse fragmento. Foram elas: *Acropyga* sp.1 (9,18%), *Pheidole* sp.3 (9,25%), *Pyramica denticulata* (21,13%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 (18,23%) e *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.4 (17,96%).

No solo foram coletados 596 espécimes, distribuídos em 24 espécies. Destas, 2 foram super dominantes, 5 dominantes e 17 não dominantes. Para o índice abundância, 2 foram super abundantes, 3 muito abundantes, 9 comuns, 4 dispersas e 6 raras. No índice freqüência, encontraram-se 2 espécies super freqüentes, 3 muito freqüentes, 9 freqüentes e 10 pouco freqüentes. Quanto à constância, 9 espécies foram consideradas constantes, enquanto 15, acessórias (Tabela 6).

Tabela 6. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em solo no fragmento de Cananéia, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Acropyga* sp.1 | 8 | do | c | f | y |
| *Amblyopone armigera* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Anochetus* sp.1 | 2 | nd | d | pf | y |
| *Brachymyrmex* sp.1 | 200 | sd | sa | sf | w |
| *Cyphomyrmex transversus* | 24 | do | ma | mf | y |
| *Hypoponera* sp.1 | 4 | nd | c | f | y |
| *Hypoponera* sp.2 | 26 | do | ma | mf | y |
| *Hypoponera* sp.3 | 4 | nd | c | f | w |
| *Hypoponera* sp.4 | 4 | nd | c | f | w |
| *Lachnomyrmex plaumanni* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Monomorium pharaonis* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Octostruma iheringi* | 2 | nd | d | pf | w |
| *Paratrechina* sp.2 | 3 | nd | c | f | y |
| *Pheidole* sp.3 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.4 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.5 | 4 | nd | c | f | y |
| *Proceratium brasiliense* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pyramica* sp.1 | 3 | nd | c | f | w |
| *Pyramica tanymastax* | 4 | nd | c | f | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 | 266 | sd | sa | sf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 | 26 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 | 2 | nd | d | pf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.4 | 6 | do | c | f | y |
| *Strumigenys dyseides* | 2 | nd | d | pf | y |

Apenas 3 espécies foram consideradas predominantes, pois enquadraram-se nas categorias de super dominantes ou dominantes, super ou muito abundantes, super ou muito freqüentes e constantes. As espécies foram: *Brachymyrmex* sp.1 (33,56%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 (44, 63%) e *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 (3,36%). Essas espécies representaram 81,55% do total de formigas coletadas no solo em Cananéia. As espécies *Cyphomyrmex transversus* e *Hypoponera* sp.2 foram dominantes, muito abundantes, muito freqüentes, porém, acessórias.

### 4.2.2 Fragmento II: Estação Ecológica de Ibicatu, Piracicaba

Um total de 1.407 espécimes, pertencentes a 45 espécies, foram coletados neste fragmento, sendo 24 dominantes e 21 não dominantes. No tocante ao índice abundância, 10 foram consideradas muito abundantes, 1 abundante, 6 comuns, 1 dispersa e 27 raras. Com relação à freqüência, 11 foram consideradas muito freqüentes, 6 freqüentes e 28 pouco freqüentes. De todas as espécies, 19 foram constantes e 26 acessórias (Tabela 7).

Tabela 7. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira e solo no fragmento de Ibicatu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| Espécies | Total | D | A | F | C |
|---|---|---|---|---|---|
| *Acanthostichus quadratus* | 16 | do | d | pf | y |
| *Adelomyrmex* sp.1 | 2 | nd | r | pf | y |
| *Basiceros disciger* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Brachymyrmex* sp.1 | 175 | do | ma | mf | w |
| *Brachymyrmex* sp.3 | 32 | do | c | f | y |
| *Camponotus (Myrmaphaenus*) sp. 1 | 4 | nd | r | pf | y |

Tabela 7. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C)das espécies de formigas coletadas em serapilheira e solo no fragmento de Ibicatu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Crematogaster (Orthocrema)* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Cyphomyrmex bigibbosus* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Cyphomyrmex peltatus* | 4 | nd | r | pf | y |
| *Cyphomyrmex salvini* | 8 | do | r | pf | w |
| *Cyphomyrmex transversus* | 48 | do | a | mf | w |
| *Discothyrea sexarticulata* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Discothyrea* sp.2 | 3 | nd | r | pf | w |
| *Eurhopalothrix* sp. prox. *bruchi* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Gnamptogenys striatula* | 3 | nd | r | pf | w |
| *Heteroponera microps* | 6 | do | r | pf | w |
| *Hylomyrma reitteri* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Hypoponera foreli* | 4 | nd | r | pf | w |
| *Hypoponera* sp.1 | 119 | do | ma | mf | w |
| *Hypoponera* sp.2 | 8 | do | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.3 | 6 | do | r | pf | w |
| *Hypoponera* sp.4 | 38 | do | c | f | w |
| *Hypoponera* sp.5 | 10 | do | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.6 | 20 | do | c | f | y |
| *Hypoponera* sp.7 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.8 | 40 | do | c | f | w |
| *Linepithema* sp.1 | 2 | nd | r | pf | w |
| *Odontomachus meinerti* | 6 | do | r | pf | w |
| *Oxyepoecus* sp. | 20 | do | c | f | y |
| *Pachycondyla striata* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Paratrechina fulva* | 57 | do | ma | mf | y |
| *Paratrechina* sp.3 | 1 | nd | r | pf | y |

Tabela 7. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira e solo no fragmento de Ibicatu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Pheidole* sp.2 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.4 | 43 | do | c | f | y |
| *Pheidole* sp.7 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pyramica denticulata* | 86 | do | ma | mf | w |
| *Rogeria pellecta* | 3 | nd | r | pf | y |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 | 66 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 | 99 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 | 121 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.4 | 104 | do | ma | mf | w |
| *Strumigenys silvestrii* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Typhlomyrmex major* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Wasmannia auropunctata* | 184 | do | ma | mf | y |
| *Wasmannia sigmoidea* | 53 | do | ma | mf | w |

Dentre as espécies coletadas nesse fragmento, apenas 8 foram consideradas predominantes, quais sejam: *Brachymyrmex* sp.1 (12,44%), *Hypoponera* sp.1 (8,46%), *Pyramica denticulata* (5,97%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 (4,69%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 (7,04%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 (8,60%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.4 (7,39%) e *Wasmannia sigmoidea* (3,77%). Essas formigas representaram 58,36% do total de espécimes coletados. As espécies *Paratrechina fulva* e *Wasmannia auropunctata* enquadraram-se em quase todas as categorias das predominantes, excluindo a constância.

Na serapilheira o número médio de espécimes foi maior que no solo (Figura 10), mas com relação ao número médio de espécies (Figura 11) não se verificaram diferenças estatísticas entre as duas camadas.

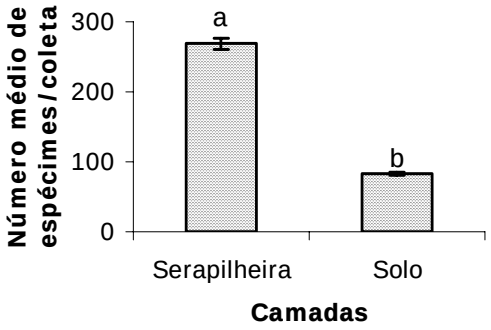


Figura 10 - Número médio (± erro padrão) de espécimes de formigas por coleta em serapilheira e solo no fragmento de Ibicatu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

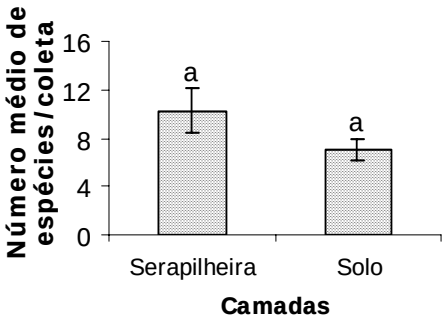


Figura 11 - Número médio (± erro padrão) de espécies de formigas por coleta em serapilheira e solo no fragmento de Ibicatu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

Coletaram-se, na camada de serapilheira, 1.075 espécimes distribuídos em 31 espécies. Destas, 14 foram dominantes e 17 não dominantes. Quanto à abundância, 6 foram muito abundantes, 2 abundantes, 3 comuns e 20 raras. Com relação à freqüência, 8 foram muito freqüentes, 3 freqüentes e 20 pouco freqüentes. Para o índice constância, 8 espécies foram constantes e 23 acessórias (Tabela 8).

Tabela 8. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira no fragmento de Ibicatu, Piracicaba, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Adelomyrmex* sp.1 | 2 | nd | r | pf | y |
| *Basiceros disciger* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Brachymyrmex* sp.1 | 158 | do | ma | mf | y |
| *Camponotus (Myrmaphaenus*) sp. 1 | 4 | nd | r | pf | y |
| *Crematogaster (Orthocrema)* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Cyphomyrmex bigibbosus* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Cyphomyrmex salvini* | 8 | do | r | pf | w |
| *Cyphomyrmex transversus* | 45 | do | c | f | y |
| *Discothyrea* sp.2 | 2 | nd | r | pf | y |
| *Gnamptogenys striatula* | 3 | nd | r | pf | w |
| *Hylomyrma reitteri* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Hypoponera foreli* | 4 | nd | r | pf | w |
| *Hypoponera* sp.1 | 119 | do | ma | mf | w |
| *Hypoponera* sp.2 | 8 | do | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.3 | 3 | nd | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.4 | 2 | nd | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.5 | 10 | do | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.7 | 1 | nd | r | pf | y |

Tabela 8. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira no fragmento de Ibicatu, Piracicaba, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Hypoponera* sp.8 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Odontomachus meinerti* | 5 | nd | r | pf | w |
| *Pachycondyla striata* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Paratrechina fulva* | 56 | do | a | mf | y |
| *Pheidole* sp.2 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.4 | 43 | do | c | f | y |
| *Pheidole* sp.7 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pyramica denticulata* | 86 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 | 47 | do | c | f | y |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 | 119 | do | ma | mf | y |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.4 | 104 | do | ma | mf | w |
| *Wasmannia auropunctata* | 183 | do | ma | mf | y |
| *Wasmannia sigmoidea* | 53 | do | a | mf | w |

Apenas 3 espécies foram consideradas predominantes, representando 28,55% de todas as formigas coletadas na serapilheira desse fragmento. Foram elas: *Hypoponera* sp.1 (11,07%), *Pyramica denticulata* (7,81%) e *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.4 (9,67%). As espécies *Brachymyrmex* sp.1 e *Wasmannia auropunctata* foram dominantes, muito abundantes, muito freqüentes e acessórias.

Na camada de solo coletaram-se 332 espécimes, catalogados em 25 espécies. Dentre todas, 10 foram dominantes e 15 não dominantes. Para o índice abundância, 2 foram super abundantes, 5 muito abundantes, 4 comuns, 2 dispersas e 14 raras. No índice freqüência, encontraram-se 5 espécies muito freqüentes, 4 freqüentes e 16 pouco freqüentes. Quanto à

constância, 6 espécies foram consideradas constantes, enquanto 19 foram acessórias (Tabela 9).

Tabela 9. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em solo no fragmento de Ibicatu, Piracicaba, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Acanthostichus quadratus* | 16 | do | c | f | y |
| *Brachymyrmex* sp.1 | 17 | do | c | f | w |
| *Brachymyrmex* sp.3 | 32 | do | ma | mf | y |
| *Cyphomyrmex peltatus* | 4 | nd | d | pf | y |
| *Cyphomyrmex transversus* | 3 | nd | r | pf | y |
| *Discothyrea sexarticulata* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Discothyrea* sp.2 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Eurhopalothrix* sp. prox. *bruchi* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Heteroponera microps* | 6 | do | d | pf | w |
| *Hypoponera* sp.3 | 3 | nd | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.4 | 36 | do | ma | mf | w |
| *Hypoponera* sp.6 | 20 | do | c | f | y |
| *Hypoponera* sp.8 | 39 | do | ma | mf | y |
| *Linepithema* sp.1 | 2 | nd | r | pf | w |
| *Odontomachus meinerti* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Oxyepoecus* sp. | 20 | do | c | f | y |
| *Paratrechina fulva* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Paratrechina* sp.3 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Rogeria pellecta* | 3 | nd | r | pf | y |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 | 66 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 | 52 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 | 2 | nd | r | pf | y |
| *Strumigenys silvestrii* | 2 | nd | r | pf | y |

Tabela 9. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em solo no fragmento de Ibicatu, Piracicaba, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| Espécies | Total | D | A | F | C |
|---|---|---|---|---|---|
| *Typhlomyrmex major* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Wasmannia auropunctata* | 1 | nd | r | pf | y |

Apenas as espécies *Hypoponera* sp.4 (10,84%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 (19,88%) e *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 (15,66%) foram consideradas predominantes. Essas espécies representaram 46,38% do total de formigas coletadas no solo em Ibicatu. As espécies *Brachymyrmex* sp.3 e *Hypoponera* sp.8 não se enquadraram na categoria das predominantes por serem acessórias.

### 4.2.3 Fragmento III: Pariquera-Açu

Neste fragmento, coletaram-se 1.725 espécimes, pertencentes a 37 espécies, sendo 19 dominantes e 18 não dominantes. Quanto à abundância, 6 foram consideradas muito abundantes, 3 comuns, 8 dispersas e 20 raras. Com relação à freqüência, 6 foram muito freqüentes, 3 freqüentes e 28 pouco freqüentes. De todas as espécies, 16 foram constantes e 21 acessórias (Tabela 10).

Tabela 10. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira e solo no fragmento de Pariquera-Açu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Adelomyrmex longinodus* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Amblyopone lurilabes* | 3 | nd | r | pf | w |
| *Apterostigma* sp. comp. *pilosum* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Brachymyrmex* sp.1 | 40 | do | c | f | y |
| *Brachymyrmex* sp.3 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Carebara panamensis* | 13 | do | d | pf | w |
| *Cyphomyrmex transversus* | 13 | do | d | pf | y |
| *Discothyrea sexarticulata* | 8 | do | d | pf | w |
| *Hypoponera foreli* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.1 | 73 | do | c | f | w |
| *Hypoponera* sp.2 | 3 | nd | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.3 | 15 | do | d | pf | w |
| *Hypoponera* sp.4 | 13 | do | d | pf | w |
| *Hypoponera* sp.6 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Lachnomyrmex plaumanni* | 2 | nd | r | pf | w |
| *Linepithema* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Megalomyrmex silvestrii* | 4 | nd | r | pf | y |
| *Octostruma iheringi* | 48 | do | c | f | w |
| *Octostruma petiolata* | 10 | do | d | pf | w |
| *Octostruma* sp.1 | 11 | do | d | pf | w |
| *Odontomachus meinerti* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Paratrechina fulva* | 10 | do | d | pf | y |
| *Paratrechina* sp.2 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.1 | 6 | do | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.2 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.4 | 268 | do | ma | mf | w |

Tabela 10. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira e solo no fragmento de Pariquera-Açu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Pheidole* sp.5 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pyramica denticulata* | 310 | do | ma | mf | w |
| *Sericomyrmex* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 | 6 | do | r | pf | y |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 | 293 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 | 324 | do | ma | mf | w |
| *Strumigenys dyseides* | 95 | do | ma | mf | w |
| *Strumigenys silvestrii* | 3 | nd | r | pf | y |
| *Strumigenys spathula* | 3 | nd | r | pf | w |
| *Wasmannia auropunctata* | 133 | do | ma | mf | y |
| *Wasmannia sigmoidea* | 5 | nd | r | pf | y |

Registraram-se 5 espécies predominantes nesse fragmento: *Pheidole* sp.4 (15,54%), *Pyramica denticulata* (17,86%), *Strumigenys dyseides* (5,51%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 (16,99%) e *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 (18,78%). Essas formigas representaram 74,68% do total de espécimes coletados. *Wasmannia auropunctata* apresentou, praticamente, todas as características de uma espécie predominante, mas não foi constante.

Com relação às camadas estratificadas, observou-se que na serapilheira o número médio de espécimes e de espécies também foi maior que no solo (Figuras 12 e 13 respectivamente), como ocorreu em Cananéia.

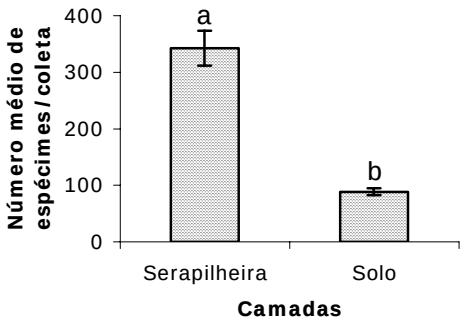


Figura 12 - Número médio (± erro padrão) de espécimes de formigas por coleta em serapilheira e solo no fragmento de Pariquera-Açu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

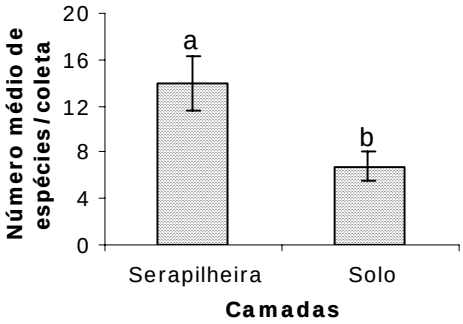


Figura 13 - Número médio (± erro padrão) de espécies de formigas por coleta em serapilheira e solo no fragmento de Pariquera-Açu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

Na serapilheira foram coletados 1.371 espécimes, os quais pertenciam a 34 espécies. Destas, 16 foram dominantes e 18 não dominantes. Quanto a abundância, 5 foram muito abundantes, 4 comuns, 12 dispersas e 13 raras.

Com relação à freqüência, 5 foram muito freqüentes, 4 freqüentes e 25 pouco freqüentes. Para o índice constância, 12 espécies foram constantes e 22 acessórias (Tabela 11).

Tabela 11. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira no fragmento de Pariquera-Açu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Adelomyrmex longinodus* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Apterostigma* sp. comp. *pilosum* | 2 | nd | r | pf | y |
| *Brachymyrmex* sp.1 | 30 | do | c | f | y |
| *Brachymyrmex* sp.3 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Cyphomyrmex transversus* | 13 | do | c | f | y |
| *Discothyrea sexarticulata* | 6 | do | d | pf | w |
| *Hypoponera foreli* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.1 | 69 | do | c | f | w |
| *Hypoponera* sp.2 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Hypoponera* sp.3 | 12 | do | d | pf | w |
| *Hypoponera* sp.4 | 4 | nd | d | pf | y |
| *Hypoponera* sp.6 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Lachnomyrmex plaumanni* | 2 | nd | r | pf | w |
| *Linepithema* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Megalomyrmex silvestrii* | 4 | nd | d | pf | y |
| *Octostruma iheringi* | 47 | do | c | f | w |
| *Octostruma petiolata* | 10 | do | d | pf | w |
| *Octostruma* sp.1 | 10 | do | d | pf | w |

Tabela 11. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em serapilheira no fragmento de Pariquera-Açu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Odontomachus meinerti* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Paratrechina fulva* | 7 | do | d | pf | y |
| *Paratrechina* sp.2 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.1 | 6 | do | d | pf | y |
| *Pheidole* sp.2 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pheidole* sp.4 | 240 | do | ma | mf | w |
| *Pheidole* sp.5 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Pyramica denticulata* | 305 | do | ma | mf | w |
| *Sericomyrmex* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.1 | 6 | do | d | pf | y |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 | 125 | do | ma | mf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 | 318 | do | ma | mf | w |
| *Strumigenys silvestrii* | 3 | nd | d | pf | y |
| *Strumigenys spathula* | 3 | nd | d | pf | w |
| *Wasmannia auropunctata* | 133 | do | ma | mf | y |
| *Wasmannia sigmoidea* | 5 | nd | d | pf | y |

Encontraram-se 4 espécies predominantes, as quais representaram 72,07% de todas as formigas coletadas na serapilheira desse fragmento. Foram elas: *Pheidole* sp.4 (17,51%), *Pyramica denticulata* (22,25%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 (9,12%) e *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 (23,19%). A espécie *Wasmannia auropunctata* foi dominante, muito abuntante, muito freqüente, porém acessória.

No solo foram coletados 354 espécimes, distribuídos em 17 espécies. Destas, 2 foram super dominantes, 5 dominantes e 10 não dominantes.

Para o índice abundância, 2 foram super abundantes, 2 muito abundantes, 1 abundante, 7 comuns, 2 dispersas e 3 raras. No índice freqüência, encontraram-se 2 espécies super freqüentes, 3 muito freqüentes, 6 freqüentes e 5 pouco freqüentes. Quanto à constância, 8 espécies foram consideradas constantes, enquanto 9, acessórias (Tabela 12).

Tabela 12. Classes de dominância (D), abundância (A), freqüência (F) e constância (C) das espécies de formigas coletadas em solo no fragmento de Pariquera-Açu, SP, entre março de 2002 e março de 2003

| **Espécies** | **Total** | **D** | **A** | **F** | **C** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Adelomyrmex longinodus* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Amblyopone lurilabes* | 3 | nd | c | f | w |
| *Brachymyrmex* sp.1 | 10 | do | a | mf | y |
| *Carebara panamensis* | 13 | do | ma | mf | w |
| *Discothyrea sexarticulata* | 2 | nd | d | pf | y |
| *Hypoponera* sp.1 | 4 | nd | c | f | w |
| *Hypoponera* sp.2 | 2 | nd | d | pf | y |
| *Hypoponera* sp.3 | 3 | nd | c | f | y |
| *Hypoponera* sp.4 | 9 | do | c | f | w |
| *Octostruma iheringi* | 1 | nd | r | pf | y |
| *Octostruma* sp.1 | 1 | nd | r | pf | y |
| *Paratrechina fulva* | 3 | nd | c | f | y |
| *Pheidole* sp.4 | 28 | do | ma | mf | y |
| *Pyramica denticulata* | 5 | nd | c | f | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 | 168 | sd | sa | sf | w |
| *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.3 | 6 | do | c | f | w |
| *Strumigenys dyseides* | 95 | sd | sa | sf | w |

Apenas 3 espécies foram consideradas predominantes, pois enquadraram-se nas categorias de super dominantes ou dominantes, super ou muito abundantes, super ou muito freqüentes e constantes. As espécies foram: *Carebara panamensis* (3,67%), *Solenopsis* (*Diplorhoptrum*) sp.2 (47,46%) e *Strumigenys dyseides* (26,84%). Essas espécies representaram 77,97% do total de formigas coletadas no solo em Cananéia. *Pheidole* sp.4 foi acessória e não constante. Isso explica o fato de ter sido excluída das predominantes.

### 4.3 Delimitação das comunidades

Para a delimitação das comunidades e comparação dos fragmentos estudados, realizou-se o cálculo dos índices de diversidade, eqüitabilidade e similaridade.

Com relação ao índice de diversidade, o qual representa a riqueza em espécies de uma comunidade, observa-se (Tabela 13) que a Estação Ecológica de Ibicatu, Piracicaba, apresentou a maior diversidade de espécies, enquanto Pariquera-Açu, a menor.

Tabela 13. Índices de diversidade (H) e eqüitabilidade (E) de formigas coletadas em serapilheira e solo de fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 a março de 2003

| Ambientes | H | E | IC |
|---|---|---|---|
| Cananéia | 2,47 b | 0,69 | 2,474 – 2,475 |
| Ibicatu | 2,93 c | 0,77 | 2,925 – 2,930 |
| Pariquera-Açu | 2,34 a | 0,65 | 2,338 – 2,340 |

Médias seguidas por letras distintas diferem, entre si, pelo intervalo de confiança (P=0,05).
IC = intervalo de confiança.

Levando-se em consideração a camada de serapilheira (Tabela 14), a tendência foi a mesma observada para o ambiente como um todo (serapilheira e solo, conjuntamente), ou seja, a maior e a menor diversidade foram encontradas em Ibicatu e Pariquera-Açu respectivamente.

Tabela 14. Índices de diversidade (H) e eqüitabilidade (E) de formigas coletadas em serapilheira de fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 a março de 2003

| **Ambientes** | **H** | **E** | **IC** |
|---|---|---|---|
| Cananéia | 2,35 b | 0,71 | 2,340 – 2,350 |
| Ibicatu | 2,52 c | 0,73 | 2,520 – 2,521 |
| Pariquera-Açu | 2,18 a | 0,62 | 2,180 – 2,184 |

Médias seguidas por letras distintas diferem, entre si, pelo intervalo de confiança (P=0,05).
IC = intervalo de confiança.

No solo a diversidade também foi maior em Ibicatu, só que a menor foi observada em Cananéia (Tabela 15).

Tabela 15. Índices de diversidade (H) e eqüitabilidade (E) de formigas coletadas em solo de fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 a março de 2003

| **Ambientes** | **H** | **E** | **IC** |
|---|---|---|---|
| Cananéia | 1,59 a | 0,50 | 1,590 – 1,600 |
| Ibicatu | 2,47 c | 0,77 | 2,460 – 2,471 |
| Pariquera-Açu | 1,62 b | 0,57 | 1,609 – 1,623 |

Médias seguidas por letras distintas diferem, entre si, pelo intervalo de confiança (P=0,05).
IC = intervalo de confiança.

De modo geral, a riqueza de espécies em Pariquera-Açu foi próxima a de Cananéia (r = 37 e 36 respectivamente). Em Cananéia, observou-se o menor número de espécies e o maior de espécimes (36 e 2.077 respectivamente), enquanto que em Ibicatu observou-se o inverso. Isso está de acordo com o que foi mencionado por Silveira Neto et al. (1976), ou seja, em locais onde os fatores limitantes atuam intensamente, e a competição interespecífica também, o índice de diversidade tende a diminuir, isto é, aumentar o número de espécies mais comuns (grande número de indivíduos) e diminuir as espécies mais raras. Conseqüentemente, torna-se um local mais específico, como é encontrado nas regiões árticas, lagos salgados, tundras, etc.

Pelo modelo de regressão, pôde-se verificar que quando se elevou o número de espécies diminui o de espécimes (Figura 14). Isso é facilmente explicado, pois como se trata de floresta tropical, que abriga numerosos nichos, o índice de diversidade aumentou, isto é, ocorreu maior quantidade de espécies, embora com menos indivíduos. Concluindo, pode-se afirmar que esses ambientes são homogêneos, ocorrendo predomínio de uma ou poucas espécies de formigas. Já em ambientes heterogêneos a dominância relativa das espécies é baixa.

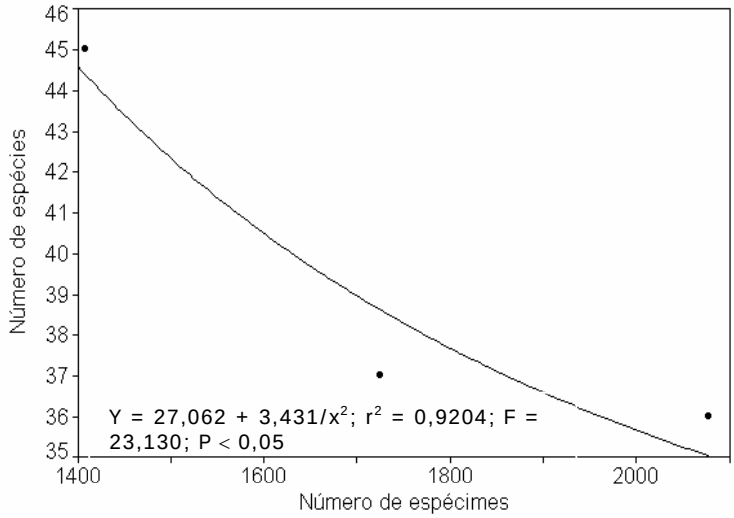


Figura 14 – Relação entre os números de espécies e de espécimes de formigas coletadas em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

Pode-se sugerir que a maior diversidade observada em Ibicatu seria decorrente da maior complexidade vegetal. Além disso, esse fragmento contém árvores de *Euterpe edulis* bem desenvolvidas, na base das quais as coletas foram realizadas, e serapilheira densa em razão da queda acentuada de folhas, frutos e galhos, por tratar-se de floresta estacional semidecídua, existindo, portanto, maior disponibilidade de microhabitats para as formigas. Mas, não tão diferente dos outros fragmentos. É interessante destacar que em Cananéia, área de restinga arbórea fechada, ocorre exploração predatória e clandestina de *E. edulis*. Nesse caso, as árvores encontravam-se em estágio inicial de sucessão ecológica, não apresentando um dossel definido. Da mesma forma, ocorreu em Pariquera-Açu (ambiente de floresta ombrófila densa) considerada área de preservação ambiental, pertencente ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Como conseqüência, esses dois

fragmentos podem estar sofrendo distúrbios ambientais mais acentuados do que Ibicatu, apesar de encontrarem-se, ainda, conservados.

Segundo Majer et al. (1984), existe correlação entre a riqueza de espécies de formigas e de plantas, ou seja, a presença de certas plantas pode resultar na recolonização de áreas por espécies de formigas.

Isso é particularmente importante porque muitas espécies vegetais florestais encontradas nos fragmentos em estudo, como *E. edulis*, possuem um sistema radicular extremamente desenvolvido no horizonte superficial do solo. Segundo Delabie et al. (2000a), a função das formigas no sistema radicular das plantas, assim como na serapilheira, é ainda mal conhecida, mas não há dúvidas que algumas espécies têm um papel fundamental no processo de regeneração dos solos florestais, assim como nos cultivados.

Outro enfoque a ser abordado relaciona-se ao fato de *E. edulis* ser considerada mirmecocórica (Passos & Oliveira, 2003), ou seja, possuir sementes com estruturas especiais ricas em lipídeos, denominadas elaiossomos (Berg, 1975). Essas estruturas atraem formigas que coletam o diásporo, isso é, a unidade de dispersão da semente, e o transportam para o ninho, onde poderá se estabelecer (Horvitz e Beattie, 1980; O'Dowd & Hay, 1980). De acordo com Passos & Oliveira (2003), formigas dos gêneros *Brachymyrmex*, *Camponotus*, *Cyphomyrmex*, *Gnamptogenys*, *Hylomyrma*, *Hypoponera*, *Linepithema*, *Octostruma*, *Odontomachus*, *Pachycondyla*, *Paratrechina*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Strumigenys* e *Wasmannia*, também presentes neste estudo, foram encontradas em Cananéia transportando o diaspóro de *E. edulis*, entre outras plantas, atuando como dispersoras.

Comunidades com maiores índices de diversidade, como Ibicatu, tendem a ser mais estáveis, garantindo a sobrevivência de espécies raras e, aparentemente, sem importância, mas que segundo Santos & Marques (1996), podem ser fundamentais para a manutenção da biodiversidade e do equilíbrio no momento em que fatores ecológicos limitantes são alterados.

A alta proporção de espécies raras e a baixa riqueza de espécies em todos os fragmentos florestais estudados poderiam ser decorrentes de dois processos, corroborando as observações realizadas por De Souza & Brown (1994). No primeiro caso, as espécies teriam sido excluídas ao acaso, isto é, o fragmento foi originado de uma parte da floresta que continha, naturalmente, menor número de espécies do que as áreas próximas. Outra possibilidade seria considerar o aumento da sobreposição de nichos, onde as populações otimizam a utilização do recurso em resposta à redução da sua disponibilidade. Em comunidades muito competitivas, a sobreposição de nichos não é tolerada, reduzindo sua amplitude. Quanto mais extremos os limites, mais susceptível a comunidade será às flutuações ambientais. Conseqüentemente, a população se tornará cada vez menor, a ponto de ser impossível restabelecer uma população viável, mesmo após uma pequena flutuação ambiental. Portanto, a fragmentação promoveria o desaparecimento de espécies tanto pela exclusão de populações da área, quanto pela mudança de espécies de *status* de abundante para rara e desta para extinta.

Qualquer alteração ou perturbação num ecossistema, tal como atividades agrícolas, como a derrubada de *E. edulis*, para a extração do palmito, e a abertura de estradas, por exemplo, freqüentes, principalmente, nos fragmentos de Cananéia e Pariquera-Açu, ou outras formas de distúrbios antrópicos de um meio previamente em equilíbrio, provoca uma situação de desequilíbrio que, mesmo mínima, repercute sobre a comunidade de formigas, alterando de forma momentânea ou definitiva sua composição específica. Isso também foi verificado por Nogueira & Martinho (1983), Majer & Brown (1986), Delabie (1988) e Fowler et al. (1989, 2000).

O índice de eqüitabilidade, que estima a distribuição das espécies na amostra, verificando a homogeneidade da ocorrência numérica destas, acompanhou, praticamente, a mesma trajetória da diversidade (Tabelas 13, 14 e 15). Entretanto, os valores médios observados em Cananéia e

Pariquera-Açu, em solo e nesta camada conjunta com serapilheira, sugerem distribuição não uniforme da abundância, ocorrendo forte dominância de algumas espécies, pois, de acordo com Magurran (1998), o índice de eqüitabilidade varia de 0 – 1,0. Para Odum (1988), a diversidade de espécies tende a aumentar durante a sucessão ecológica, mas essa tendência não continua, obrigatoriamente, nos estágios mais velhos ou maduros.

Com relação à similaridade, não se evidenciou a formação de grupos distintos (Tabela 16). Verificou-se, através dos resultados, que as áreas mostraram-se semelhantes em termos de composição de espécies, embora algumas tenham variado de um fragmento para outro. Isso ocorreu pela presença de grande número de formigas generalistas e oportunistas nos fragmentos estudados. Outro fator que pode ter favorecido a alta similaridade entre os habitats é o fato de que o impacto derivado da extração ilegal de árvores de *E. edulis*, em Cananéia e Pariquera-Açu, não foi suficiente para afetar a diversidade da comunidade de formigas. De acordo com Smith (1995), a similaridade é inversamente proporcional ao desenvolvimento da vegetação, ou seja, à medida que as árvores crescem, proporcionam maior número de nichos de nidificação e itens alimentares para as formigas.

Tabela 16. Índice de similaridade de formigas em serapilheira e solo de fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

| Camadas | Ambientes combinados | | |
|---|---|---|---|
| | **Pariquera-Açu x Cananéia** | **Pariquera-Açu x Ibicatu** | **Cananéia x Ibicatu** |
| Serapilheira | 0,04 a | 0,03 a | 0,04 a |
| Solo | 0,05 a | 0,03 a | 0,02 a |
| Serapilheira + Solo | 0,04 a | 0,03 a | 0,02 a |

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem, entre si, pelo intervalo de confiança (P=0,05).

## 4.4 Riqueza estimada de espécies

Nos fragmentos estudados foram registradas entre 36 e 45 espécies (Tabela 2 e Figura 14) e estima-se que, em média, entre 85,96 e 102,36 podem ser potencialmente encontradas nesses ambientes (Tabela 17), utilizando-se o mesmo método de coleta empregado neste estudo.

Em relação ao número de registros das espécies, os resultados obtidos foram inferiores aos de Marinho et al. (2002) e Ramos et al. (2003a), que registraram em seus levantamentos 143 e 102 espécies respectivamente, em serapilheira de eucaliptais e área de cerrado de Minas Gerais. Quanto ao número estimado, os valores foram superiores aos dos citados autores. No entanto, deve-se considerar que nos eucaliptais e no cerrado, ocorreram processos antrópicos, tais como corte seletivo, e que os fragmentos em estudo ainda são compostos de florestas primárias, possuindo, portanto, alta diversidade de formigas.

Tabela 17. Número observado e estimado de espécies, número de espécies singletons e doubletons para os formicídeos coletados em fragmentos florestais no Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

| **Fragmentos** | **Número observado de espécies** | **Número estimado de espécies (Chao 2)** | **Singletons** | **Doubletons** |
|---|---|---|---|---|
| Cananéia | 36 | 91,31 a | 15,82 b | 7,02 a |
| Ibicatu | 45 | 102,35 a | 23,32 a | 7,25 a |
| Pariquera-Acu | 37 | 85,96 a | 19,00 ab | 4,80 a |

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem, entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

A partir da comparação dos valores de Chao 2, determinado para cada ambiente, não se verificaram diferenças estatísticas entre as áreas estudadas (Tabela 17). Para os fragmentos em questão, observou-se que o número de espécies esperado é o dobro (Ibicatu e Pariquera-Açu) ou quase o triplo (Cananéia) do que foi observado. Marinho et al. (2002) e Santos (2004) também observaram alta riqueza estimada de espécies de formigas em vegetação nativa (80,50 e 137,62 respectivamente), mostrando que ambientes mais complexos favorecem elevada diversidade.

De acordo com Santos (2004), valores discrepantes entre o observado e o estimado de riqueza de espécies indica provável diversificação de ambientes, aumentando as vantagens de colonização para as diversas espécies exigentes quanto ao local de nidificação e instalação de outros grupos. Quanto maior a heterogeneidade na distribuição espacial das espécies, maior será a distância entre a riqueza observada e a estimada por Chao 2.

A riqueza de espécies, observada e estimada, neste estudo, pode ser explicada pela complexidade dos ambientes. Habitats complexos criam oportunidades de instalação e sobrevivência de maior número de espécies, em virtude da capacidade de suporte do meio, o que pode ter favorecido a permanência das espécies nos fragmentos remanescentes de floresta. Segundo Andow (1991), outro fator que pode ser determinante é a condição microclimática de umidade, temperatura e insolação, que pode estar distribuída de forma heterogênea no nível do solo.

### 4.5 Número de espécies *singletons* e *doubletons*

Dentre os fragmentos florestais amostrados, Ibicatu foi o que mais apresentou espécies *singletons*. No entanto, este ambiente não diferiu de Pariquera-Açu. Cananéia, mesmo possuindo o menor número de espécies *singletons*, não diferiu estatisticamente de Pariquera-Açu (Tabela 17).

Não se registraram diferenças entre os ambientes, em relação ao número médio de espécies *doubletons*, mesmo assim, todos os fragmentos apresentaram elevados números nos três fragmentos (Tabela 17).

Verificou-se que ocorreu predominância das espécies *singletons* sobre as *doubletons*, evidenciando que a maior parte da comunidade está representada por espécies que ocorrem pontualmente, o que torna sua captura mais difícil. Tais resultados foram semelhantes aos observados por Dias (2004) e Santos (2004). Segundo esses autores, isso pode estar relacionado à amostragem de espécies com populações pequenas ou que nidificam em outros substratos, mas que acidentalmente foram coletadas nesses ambientes. Esse fato pode resultar num aumento de espécies consideradas raras e afetar a estimativa de riqueza. Assim sendo, seria possível diminuir a ocorrência de espécies *singletons* e *doubletons*, de várias formas: aumentando a amostragem, amostrando outros estratos, diversificando estratégias de coletas e fazendo uma curva de acumulação de

espécies *singletons* e *doubletons* em função do esforço amostral. O fato é que, algumas espécies foram pouco freqüentes, talvez em detrimento do fragmento estudado, pois cada ambiente constitui um ecossistema diferente da Mata Atlântica, o que pode ter influenciado na freqüência das espécies e isso foi evidenciado pela grande quantidade de espécies *singletons* e *doubletons* em tais fragmentos.

### 4.6 Curva de acumulação de espécies

Pela análise da suficiência amostral por intermédio da curva do coletor (Figura 15) em cada fragmento florestal estudado, observou-se que Cananéia e Pariquera-Açu foram mais homogêneos do que Ibicatu. O número de amostras (4 pontos em cada área, representados pelas coletas) não foi suficiente para caracterizar os ambientes. Percebe-se que a curva não está estabilizada, pois não atingiu a saturação. Certamente, o esforço de coleta dispendido não foi suficiente para amostrar as espécies existentes nos fragmentos estudados.

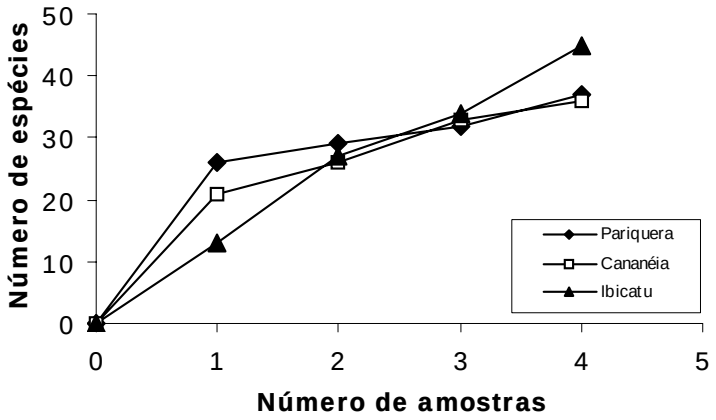


Figura 15 – Curva de acumulação de espécies de formigas, por unidade amostral, em serapilheira e solo de fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

## 4.7 Guildas

O estudo de guildas propõe um tipo de avaliação ambiental, utilizando, não apenas uma única espécie ou a fauna inteira, mas um grupo de espécies ecologicamente equivalentes (Silvestre, 2000).

Neste estudo, as formigas foram agrupadas em 9 guildas (Tabela 18), baseando-se naquelas propostas por Delabie et al. (2000a), para a Mata Atlântica, e em 3 novas sugeridas por Jacques H. C. Delabie (Comunicação Pessoal), em função, principalmente, da morfologia das formigas e do tipo de ninho.

As guildas encontradas nos fragmentos florestais de Cananéia, Ibicatu e Pariquera-Açu foram as espécies onívoras, espécies granívoras, espécies predadoras especialistas de serapilheira e do solo, espécies predadoras generalistas de serapilheira, formigas subterrâneas dependentes de *honeydew*, formigas que fazem correições, formigas arborícolas dominantes ou subdominantes, que ocasionalmente forrageiam no chão, formigas dominantes de solo ou serapilheira e formigas cultivadoras de fungo, utilizando fezes e cadáveres de insetos.

As 3 novas guildas sugeridas por Jacques H. C. Delabie (Comunicação Pessoal) são, na realidade, uma associação de guildas já existentes e baseiam-se, ainda, em especulações. Foram enquadradas nesse grupo: espécies granívoras, formigas que fazem correições e formigas cultivadoras de fungo, utilizando fezes e cadáveres de insetos. As guildas de formigas legionárias e arborícolas dominantes não foram encontradas. Marinho (2001), também tendo como base o trabalho de Delabie et al. (2000a), encontrou 8 guildas em seu estudo.

Dias (2004) optou pela junção dos trabalhos de Delabie et al. (2000a) e Silvestre (2000), agrupando as formigas em apenas duas guildas: predadoras e onívoras.

Tabela 18. Classificação das espécies de formigas por guilda, coletadas em fragmentos da Mata Atlântica do Estado de São Paulo, entre março de 2002 e março de 2003

| Guildas | Gêneros |
|---|---|
| ♦ **Espécies onívoras** | ♦ *Adelomyrmex*, *Basiceros, Hylomyrma*, *Lachnomyrmex*, *Megalomyrmex*, *Pheidole* (alguns), *Rogeria* e *Solenopsis* (alguns) |
| ♦ **Espécies granívoras** | ♦ *Pheidole* (alguns) e *Solenopsis* (alguns) |
| ♦ **Predadoras especialistas de serapilheira ou do solo** | ♦ *Amblyopone*, *Carebara*, *Discothyrea*, *Eurhopalothrix*, *Octostruma*, *Oxyepoecus*, *Proceratium*, *Pyramica*, *Strumigenys* e *Typhlomyrmex* |
| ♦ **Predadoras generalistas de serapilheira** | ♦ *Anochetus*, *Gnamptogenys*, *Heteroponera*, *Hypoponera* e *Pachycondyla* |
| ♦ **Formigas subterrâneas dependentes de *honeydew*** | ♦ *Acropyga* |
| ♦ **Formigas que fazem correições** | ♦ *Acanthostichus* |
| ♦ **Arborícolas dominantes ou subdominantes, que ocasionalmente forrageiam no chão** | ♦ *Camponotus (alguns), Crematogaster* e *Monomorium* |
| ♦ **Dominantes de solo ou serapilheira** | |
| **a) Predadoras de solo** | ♦ *Odontomachus* |
| **b) Onívoras** | ♦ *Brachymyrmex*, *Camponotus* (alguns), *Linepithema*, *Paratrechina* e *Wasmannia* |
| ♦ **Cultivadoras de fungo, utilizando fezes e cadáveres de insetos** | ♦ *Apterostigma*, *Cyphomyrmex* e *Sericomyrmex* |

O modelo descrito por Andersen (1991a), que foi descartado no trabalho de Marinho (2001), também foi excluído neste estudo, pois se refere a formigas da Austrália e trata de grupos funcionais e não de guildas. Quanto ao trabalho de Silvestre (2000) para formigas de cerrado, acredita-se que foram utilizados grupos taxonômicos e não guildas. Portanto, optou-se pelo modelo de Delabie et al. (2000a).

Alguns gêneros que ocorreram neste experimento, mas que não foram classificados de acordo com o trabalho de Delabie et al. (2000a), foram incluídos nas guildas com base em sua biologia e comportamento (Jacques H. C. Delabie, Comunicação Pessoal). Os gêneros *Pheidole* (alguns), *Solenopsis* (alguns), *Basiceros*, *Hylomyrma*, *Adelomyrmex* e *Lachnomyrmex* foram enquadradas nas guildas das espécies onívoras; alguns *Pheidole* e *Solenopsis* na das espécies granívoras; *Discothyrea*, *Eurhopalothrix*, *Octostruma*, *Oxyepoecus*, *Proceratium* e *Typhlomyrmex* na das predadoras especialistas de serapilheira ou do solo; as do gênero *Heteroponera* como formigas predadoras generalistas de serapilheira; *Acanthostichus* como formigas que fazem correições; *Monomorium* e algumas espécies de *Camponotus* na guilda das formigas arborícolas dominantes ou subdominantes, que ocasionalmente forrageiam no chão; outras espécies de *Camponotus* também foram incluídas na categoria de dominantes de solo ou serapilheira. Como foi encontrada apenas uma espécie de *Camponotus*, não se sabe ao certo em qual das guildas a mesma pertence; por isso, resolveu-se agrupá-la em 2 guildas.

## 5 CONCLUSÕES

♦ O método de coleta, empregado neste estudo, pode ser usado para o monitoramento satisfatório de formigas em ambientes de Mata Atlântica, já que permite capturar elevados números de gêneros e espécies.

♦ Myrmicinae é a subfamília de Formicidae com maior diversidade em fragmentos florestais da Mata Atlântica.

♦ No geral, a camada de serapilheira apresenta maior riqueza de formigas do que a de solo.

♦ O fragmento de Ibicatu é o mais rico em espécies, devido a maior complexidade vegetal.

♦ Nos fragmentos estudados não ocorre a formação de grupos distintos, sendo as áreas semelhantes em termos de composição de espécies.

♦ O elevado número de espécies raras ocorre em função da baixa freqüência de coleta e apenas em ambientes em que recursos alimentares são favoráveis.

♦ A impossibilidade de saturação da curva do coletor, devida ao número baixo de amostras, poderá ser corrigida no futuro com o maior número de coletas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ADIS, J. Programa mínimo para análises de ecossistemas: artrópodos terrestres em florestas inundáveis da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v.7, n.2, p.223-229, 1977.

ADIS, J. Comparative ecological studies of the terrestrial arthropod fauna in Central Amazonian inundation-forests. **Amazoniana**, v.7, n.2, p.87-173, 1981.

ADIS, J. On the abundance and density of terrestrial arthropods in Central Amazonian dryland forests. **Journal of Tropical Ecology**, v.4, p.19-24, 1988.

ADIS, J.; MORAIS, J.W.; MESQUITA, H.G. Vertical distribution and abundance of arthropods in the soil of a neotropical secondary forest during the rainy season. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v.22, n.4, p.189-197, 1987a.

ADIS, J.; MORAIS, J.W.; RIBEIRO, E.F. Vertical distribution and abundance of arthropods in the soil of a neotropical secondary forest during the dry season. **Tropical Ecology**, v.28, p.174-181, 1987b.

AIZEN, M.A.; FEINSINGER, P. Forest fragmentation, pollination and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. **Ecology**, v.75, n.2, p.330-351, 1994.

ANDERSEN, A.N. Parallels between ants and plants: implications for community ecology. In: HUXLEY, C.R.; CUTLER, D.C. (Ed.). **Ant-plant interactions**. Oxford: Oxford University Press, 1991a. p.539-558.

ANDERSEN, A.N. Responses of ground-foraging ant communities to three experimental fire regimes in a savanna forest of tropical Australia. **Biotropica**, v.23, n.4, p.575-585, 1991b.

ANDERSEN, A.N. Regulation of momentary diversity by dominant species in exceptionally rich ant communities of the Australian seasonal tropics. **American Naturalist**, v.140, n.3, p.401-420, 1992.

ANDERSEN, A.N. Function groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparasion with Australia. **Journal of Biogeography**, v.24, n.3, p.433-460, 1997.

ANDOW, D.A. Vegetational diversity and arthropod population responses. **Annual Review of Entomology**, v.36, p.561-586, 1991.

ARMBRECHT, I.; ULLOA, P.C. Composición y diversidad de hormigas en bosques secos relictuales y sus alrededores, em el Valle del Cauca, Colombia. **Revista Colombiana de Entomologia**, v.23, n.1/2, p.45-50, 1997.

ATKINSON, A.C. **Plots, transformations, and regression**. New York: Oxford University Press, 1985. 282p.

BEEBY, A. **Applying ecology**. London: Chapman & Hall, 1993. 441p.

BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. **Ecology:** individuals, populations and communities. Oxford: Blackwell Science, 1997. 1068p.

BELSHAW, R.; BOLTON, B. The effect of forest disturbance on the leaf litter ant fauna in Ghana. **Biodiversity and Conservation**, v.2, p.656-666, 1993.

BENSON, W.W.; HARADA, A.Y. Local diversity of tropical and temperate ant faunas (Hymenoptera, Formicidae). **Acta Amazonica**, v.18, n.3/4, p.275-289, 1988.

BERG, R.Y. Myrmecochorous plants in Australia and their dispersal by ants. **Australian Journal of Botany**, v.23, p.475-508, 1975.

BERNSTEIN, R.A.; GOBBEL, M. Partitioning of space in communities of ants. **Journal of Animal Ecology**, v.48, p.931-942, 1979.

BESTELMEYER, B.T.; WIENS, J.A. The effects of land use on the structure of ground-foraging ant communities in the Argentine Chaco. **Ecological Applications**, v.6, n.4, p.1225-1240, 1996.

BESTELMEYER, B.T.; AGOSTI, D.; LEEANNE, E.; ALONSO, T.; BRANDÃO, C.R.F.; BROWN, W.L.; DELABIE, J.H.C.; BHATTACHARYA, T.; HALDER, G.; SAHA, R.K. Soil microarthropods of a rubber plantation and a natural forest. **Environmental & Ecology**, v.3, n.2, p.143-147, 2000.

BIERREGAARD, R.O.; LOVEJOY, T.E.; KAPOS, V.; SANTOS, A.A.; HUTCHINGS, W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **Bioscience**, v.42, p.859-866, 1992.

BODENHEIMER, F.S. **Problems of animal ecology**. Oxford: Oxford University Press, 1955. 179p.

BOER, P.J. On the survival of populations in a heterogeneous and variable environment. **Oecologia**, v.50, p.39-53, 1981.

BOLTON, B. **Identification guide to the ant genera of the world**. Cambridge: Harvard University Press, 1994. 228p.

BOLTON, B. Taxonomic and zoogeographical census of the extant ant taxa (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Natural History**, v.29, p.1037-1056, 1995.

BOLTON, B. Ant genera of the tribe Dacetonini (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Natural History**, v.33, p.1639-1689, 1999.

BOLTON, B. Synopsis and classification of Formicidae. **Memoirs of the American Entomological Institute**, v.71, p.1-370, 2003.

BOND, W.; SLINGSBY, P. Collapse of an ant-plant mutualism: the Argentine ant (*Iridomyrmex humilis*) and myrmecochorus Proteaceae. **Ecology**, v.65, p.1031-1037, 1984.

BONNET, A.; LOPES, B.C. Formigas de dunas e restingas da praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC (Insecta: Hymenoptera). **Biotemas**, v.6, p.107-114, 1993.

BOOMSMA, J.J.; VAN LOO, A.J. Structure and diversity of ant communities in successive coastal dune valleys. **Journal of Animal Ecology**, v.51, p.957-974, 1982.

BRANDÃO, C.R.F. Reino Animalia: Formicidae. In: JOLY, C.A.; CANCELLO, E.M. (Ed.). **Invertebrados terrestres**. São Paulo: FAPESP, 1999. p.58-63. (Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX, 5).

BRANDÃO, C.R.F.; SILVA, R.R.; NIZ, J.L.M.; YANOMOTO, C.I.; CASTRO-MELLO, C. Biologia de Leptanilloidinae. **Naturalia**, v.24, p.45-47, 1999.

BROWN, J.H.; BROWN JUNIOR, K.S. Habitat alteration and species loss in Brazilian forests. In: WHITMORE, T.C.; SAYER, J.A. (Ed.). **Tropical deforestation and species extinction**. London: Chapman and Hall, 1992. p.119-142.

BROWN JUNIOR, K.S. Diversity, disturbance and sustainable use of neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**, v.1, n.1, p.25-42, 1997.

BROWN JUNIOR, W.L. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. II. Tribe Ectatommini (Hymenoptera). **Bulletin of the Museum Comparative Zoology**, v.118, p.173-362, 1958.

CAMPIOLO, S.; DELABIE, J.H.C. Caractérisation de la myrmécofaune de la litière de la fôret atlantique du sud de Bahia-Brésil. **Insectes Sociaux**, v.13, p.65-70, 2000.

CARROL, C.R.; JANZEN, D.H. Ecology of foraging by ants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.4, p.231-257, 1973.

CARVALHO, K.S.; VASCONCELOS, H.L. Forest fragmentation in Central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. **Biological Conservation**, v.91, n.2/3, p.151-157, 1999.

CASTRO, A.G.; QUEIROZ, M.V.B. Estrutura e organização de uma comunidade de formigas em agroecossistema Neotropical. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.16, n.2, p.363-375, 1987.

CHAO, A. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchbility. **Biometrics**, v.43, n.4, p.783-791, 1987.

COLWELL, R.K. **EstimateS:** statistical estimation of species richness and shared species from samples; version 6.0.b1. User's guild and application. http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates (16 set. 2004).

COLWELL, R.K.; CODDINGTON, J.A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.345, n.1311, p.101-118, 1994.

CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. **Fauna de solo:** aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. 46p. (Documentos, 112).

DEAN, W.R.J.; MILTON, S.J. Plant and invertebrate assemblages on old fields in the arid southern Karoo, South Africa. **African Journal of Ecology**, v.33, p.1-13, 1995.

DELABIE, J.H.C. Ocorrência de *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (Hymenoptera: Formicidae, Myrmicinae) em cacauais na Bahia, Brasil. **Revista Theobroma**, v.18, n.1, p.29-37, 1988.

DELABIE, J.H.C. Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae): métodos de estudo e estudos de casos na Mata Atlântica. In: ENCONTRO DE ZOOLOGIA DO NORDESTE, 12., Feira de Santana, 1999. **Resumos.** Feira de Santana: UEFS/SNZ, 1999. p.58-68.

DELABIE, J.H.C.; FOWLER, H.G. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahia cocoa plantations. **Pedobiologia**, v.39, n.5, p.423-433, 1995.

DELABIE, J.H.C.; AGOSTI, D.; NASCIMENTO, I.C. Litter and communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.T.; SCHULTZ, T. (Ed.). **Measuring and monitoring biological diversity:** standart methods for ground living ants. Washington: Smithsonian Institution, 2000a. 280p.

DELABIE, J.H.C.; FRESNEAU, D.; PEZON, A. Notes on the ecology of *Thaumatomyrmex* spp. (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae) in southeast Bahia, Brazil. **Sociobiology**, v.36, n.3, p.571-584, 2000b.

DEL CLARO, K.; BERTO, V.; RÉU, W. Effect of herbivore deterrence by ants on the fruit set on extrafloral nectary plant, *Qualea multiflora* (Vochysiaceae). **Journal of Tropical Ecology**, v.12, n.6, p.887-892, 1996.

De SOUZA, O.F.; BROWN, V.K. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. **Journal of Tropical Ecology**, v.10, p.197-206, 1994.

DIAS, N.S. Interações entre as comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de fragmentos florestais e de agroecossistemas adjacentes. Lavras, 2004. 66p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

DIDHAM, R.K.; GHAZOUL, J.; STORK, N.E.; DAVIS, A.J. Insects in fragmented forests: a functional approach. **Tree**, v.11, n.6, p.255-260, 1996.

DOLES, J.L.; ZIMMERMAN, R.J.; MOORE, J.C. Soil microarthropod community structure and dynamics in organic and conventionally managed apple orchads in Western Colorado, USA. **Applied Soil Ecology**, v.18, p.83-96, 2001.

EDWARDS, C.A. The assessment of populations of soil-inhabiting invertebrates. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.34, p.145-176, 1991.

EHRLICH, P.R.; MURPHY, D.D.; SINGER, M.C.; SHERWOOD, C.B.; WHITE, R.R.; BROWN, I.L. Extinction, reduction, stability and increase: the response of checkerspot butterflies to the California drought. **Oecologia**, v.46, p.101-105, 1980.

ELTON, C.S. **Animal ecology**. New York: Macmillan, 1927. 207p.

ESPADALER, X.; LÓPEZ-SORIA, L. Rareness of certain mediterranean ant species: fact or artifact? **Insectes Sociaux**, v.38, p.365-377, 1991.

FITTKAU, E.J.; KLINGE, H. On biomass and trophic structure of the central Amazonian rain forest ecosystem. **Biotropica**, v.5, n.1, p.2-14, 1973.

FOWLER, H.G. Relative representation of *Pheidole* (Hymenoptera: Formicidae) in local ground ant assemblages of the Americas. **Annales de Biologia**, v.19, p.29-37, 1993.

FOWLER, H.G.; DELABIE, J.H.C.; MOUTINHO, P.R.S. Hypogaeic and epigaeic ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages of atlantic costal rainforest and dry mature and seconday Amazon forest in Brazil: continuums or communities. **Tropical Ecology**, v.41, n.1, p.73-80, 2000.

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. (Ed.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. 359p.

FOWLER, H.G; PAGANI, M.I; SILVA, O.A.; FORTI, L.C; SILVA, V.P.; VASCONCELOS, H.L. A pest is a pest? The dilemn of Neotropical leaf-cutting ants: keystone taxa of natural ecosystems. **Environmental Management**, v.13, n.6, p.671-675, 1989.

GILL, R.W. Soil microarthropod abundance following old-field litter manipulation. **Ecology**, v.50, n.5, p.805-816, 1969.

GONÇALVES, C.R.; NUNES, A.M. Formigas das praias e restingas do Brasil. In: LACERDA, L.D.; ARAÚJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TUREQ, B. (Org.). **Restingas:** origem, estrutura, processos. Niterói: CEUFF, 1984. p.373-378.

GRIMM, R.; FUNKE, W.; SCHAUERMANN, J. Minimalprogramm zur ökosystemanalyse: untersuchungen na tierpopulationen in wald-ökosystemen. **Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie**, v.3, p.77-87, 1974.

HARADA, A.Y.; BANDEIRA, A.G. Estratificação e densidade de invertebrados em solo arenoso sob floresta primária e plantios arbóreos na Amazônia Central durante a estação seca. **Acta Amazonica**, v.24, n.1/2, p.103-118, 1994.

HEATH, G.; ARNOLD, M.; EDWARDS, C. Studies in leaflitter breakdown: I. Breakdown rates of leaves of different species. **Pedobiologia**, v.6, p.1-12, 1966.

HEYWOOD, V.H.; MACE, G.M.; MAY, R.M.; STUART, S.N. Uncertainties in extinction rates. **Nature**, v.368, p.105, 1994.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The ants**. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1990. 731p.

HORVITZ, C.C.; BEATTIE, A.J. Ant dispersal of Calathea (Marantaceae) by carnivorous Ponerines (Formicidae) in a tropical rain forest. **American Journal of Botany**, v.67, p.321-326, 1980.

JACKSON, G.P.; FOX, B.J. Comparison of regeneration following burning, clearing on mineral sand mining at Tomago, NSW: succession of ant assemblages in a coastal forest. **Australian Journal of Economy**, v.21, p.200-216, 1996.

JAMBU, P.; JUCHAULT, P.; MOCQUARD, J.P. Étude expérimentale de la contribution du crustacé isopode *Oniscus asellus* à la transformation des litières forestières sous chêne sessile. **Pedobiologia**, v.32, p.147-156, 1988.

JOLY, A.B. **Botânica:** introdução a taxonomia vegetal. 10.ed. São Paulo: Nacional, 1991. 777p.

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 tropic. **Biodiversity and Conservation**, v.7, p.1627-1638, 1998.

KRUESS, A.; TSCHARNTKE, T. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. **Science**, v.264, p.1581-1584, 1994.

KUGLER, C. A comparative study of the myrmecine sting apparatus (Hymenoptera: Formicidae). **Studia Entomologica**, v.20, p.413-548, 1978.

KURCHEVA, G. Influence des invertébrés du sol sur l'intensité de dégradation de la litière dans une forêt de chênes de la région de Koursk. **Pedobiologia**, v.7, n.2/3, p.228-238, 1967.

LAROCA, S.; MIELKE, O.H. Ensaios sobre ecologia da comunidade em Sphingidae da Serra do Mar, Paraná, Brasil (Lepidoptera). **Revista Brasileira de Biologia**, v.35, n.1, p.1-19, 1975.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, v.33, p.3-16, 1996.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAIN, F.; BAROIS, I.; SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v.25, n.2, p.130-150, 1993.

LAWTON, J.H.; BIGNELL, D.E.; BOLTON, B.; BLOEMERS, G.F.; EGGLETON, P.; HAMMOND, P.M.; HODDA, M.; HOLT, R.D.; LARSEN, T.B.; MAWDSLEY, N.A.; STORK, N.E.; SRIVASTAVA, D.S.; WATT, A.D. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. **Nature**, v.391, n.6662, p.72-76, 1998.

LIRA, A.C. S. de; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J.L.M. Respiração do solo sob eucalipto e cerradão. **Scientia Forestalis**, n.56, p.15-28, 1999.

LONGINO, J.T.; COLWELL, R.K. Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical rain forest. **Ecological Applications**, v.7, n.4, p.1263-1277, 1997.

LORENZI, H. **Palmeiras do Brasil:** nativas e exóticas. Nova Odessa: Plantarum, 1996. 303p.

LOUZADA, J.N.C.; SCHLINDWEIN, M.N. **Ecologia** . Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 148p. (Curso de Biologia, módulo 8 – Ecologia).

LOUZADA, J.N.C.; SANCHES, N.M.; SCHLINDWEIN, M.N. Bioindicadores de qualidade e de impactos ambientais da atividade agropecuária. **Informe Agropecuário**, v.21, n.202, p.72-77, 2000.

LOVEJOY, T.E. Foreword. In: SOULÉ, M.E.; WILCOX, B.A. (Ed.). **Conservation biology:** an evolutionary-ecological perspective. Sunderland: Sinauer Associates, 1980. p.5-9.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988. 167p.

MAJER, J.D. **The role of invertebrates in bauxite mine reabilitation**. Peth: Forests Departament of Western Australia, 1981. (Bulletin, 93).

MAJER, J.D. Ants: bioindicators of mine site rehabilitation, land use and land conservation. **Environmental Management**, v.7, p.375-383, 1983.

MAJER, J.D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines of Poços de Caldas, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.8, n.1, p.97-108, 1992.

MAJER, J.D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines at Trombetas, Pará, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.12, n.2, p.257-273, 1996.

MAJER, J.D.; BROWN, K.R. The effects of urbanization on the ant fauna of the swan coastal plain near perth, Western Autralia. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v.69, n.1, p.13-17, 1986.

MAJER, J.D.; DELABIE, J.H.C. Comparision of the ant communities of annually inundated and “terra firme” forests at Trombetas in the Brazilian Amazon. **Insectes Sociaux**, v.41, p.343-359, 1994.

MAJER, J.D.; NICHOLS, O.G. Long-term recolonization patterns of ants in western Australian rehabilitated bauxite mines with reference to their use as indicators of restaration succes. **Journal of Applied Ecology**, v.35, n.1, p.161-182, 1998.

MAJER, J.D.; DELABIE, J.H.C.; MCKENZIE, N.L. Ant litter fauna of forest, edges and adjacent grassland in the Atlantic rain forest region of Bahia, Brazil. **Insectes Sociaux**, n.44, n.3, p.225-266, 1997.

MAJER, J.D.; DAY, J.E.; KABAY, E.D.; PERRIMAN, W.S. Recolonization by ants in bauxite mines rehabilitated by a number of different methods. **Journal of Applied Ecology**, v.21, n.1, p.355-375, 1984.

MARINHO, C.G.S. Efeito da idade do sub-bosque de eucaliptais sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae). Lavras, 2001. 61p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

MARINHO, C.G.S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J.H.C.; SCHLINDWEIN, M.N.; RAMOS, L.S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e áreas de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v.31, n.2, p.187-195, 2002.

MATOS, J.Z.; YAMANAKA, C.N.; CASTELLANI, T.T.; LOPES, B.C. Comparação da fauna de formigas de solo em áreas de plantio de *Pinus elliottii* com diferentes graus de complexidade estrutural (Florianópolis, SC). **Biotemas**, v.7, n.1/2, p.57-64, 1994.

MAYHÉ-NUNES, A.J. Filogenia de los Attini (Hymenoptera: Formicidae); un aporte al conocimiento de las hormigas fungívoras. Sartenejas, 1995. 274p. Tese (Doutorado) – Universidade Simon Bolívar.

METZGER, J.P. Tree functional group richness and landscape structure in a Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v.10, n.4, p.1147-1161, 2000.

MORAIS, H.C. BENSON, W.W. Recolonização de vegetação de cerrado, após queimadas por formigas arborícolas. **Revista Brasileira de Biologia**, v.48, n.3, p.459-466, 1988.

MORAIS, J.W. Abundância, distribuição vertical e fenologia da fauna de Arthropoda de uma região de água mista, próxima de Manaus, AM. Piracicaba, 1995. 226p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MORENO, C.E. **Metodos para medir la biodiversidad**. Zaragoza: Manuales y Tesis SEA, 2001. v.1. 82p.

MOUNTFORD, M.D. An index of similarity and its application to classificatory problems. In: MURPHY, P.W. (Ed.). **Progress in soil Zoology**. London: Butterworths, 1962. p.43-50.

MOUTINHO, P.R.S.; NEPSTAD, D.C.; ARAÚJO, K.; UHL, C. Formigas e floresta: estudo para a recuperação de áreas de pastagens. **Ciência Hoje**, v.15, n.88, p.59-60, 1983.

MUELLER, U.G.; REHNER, S.A.; SCHULTZ, T.R. The evolution of agriculture in ants. **Science**, v.281, p.2034-2038, 1998.

MURAKAMI, T.; HIGASHI, S. Social organization in two primitive Attine ants, *Cyphomyrmex rimosus* and *Myrmicocrypta ednaella*, with reference to their fungus substrates and food sources. **Journal of Ethology**, v.15, n.1, p.17-25, 1997.

MYERS, N. The extinction spasm impending: synergisms at work. **Conservation Biology**, v.1, n.1, p.14-21, 1987.

NASCIMENTO, I.C.; DELABIE, J.H.C. Calendário de revoadas e ecologia do vôo de fecundação de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) na região de Ilhéus, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17., Rio de Janeiro, 1998. **Resumos.** Rio de Janeiro: SEB/COBRAFI, 1998. p.835.

NOGUEIRA, S.B.; MARTINHO, M.R. Leaf-cutting ants (*Atta* sp.) damage to and distribution along Brazilian roads. In: JAISSON, P. (Ed.). **Social insects in the tropics**. Paris: Université Paris Nord, 1983. v.2, p.181-186.

O'DOWD, D.J.; HAY, M.E. Mutualism between harvester ants and desert ephemeral: seed escape from rodents. **Ecology**, v.61, p.531-540, 1980.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434p.

OLIVEIRA, M.A.; DELLA LUCIA, T.M.C. Levantamento de Formicidae de chão de áreas mineradas sob a recuperação florestal de Porto de Trombetas, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.8, n.2, p.375-384, 1992.

OLIVEIRA, P.S. Sobre a interação de formigas com o pequi do cerrado, *Caryocar brasiliensis* Camb. (Caryocaraceae): o significado ecológico de nectários extraflorais. Campinas, 1988. 106p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.

OLIVEIRA, P.S.; BRANDÃO, C.R.F. The ant community associated with extrafloral nectaries in the Brazilian cerrado. In: HUXLEY, C.R.E.; CUTLER, D.F. (Ed.). **Ant-plant interactions**. London: Oxford University Press, 1991. p.198-212.

OLIVEIRA, A.R.; MORAES, G.J.; DEMÉTRIO, C.B.; De NARDO, E.A.B. **Efeito do vírus de poliedrose nuclear de *Anticarsia gemmatalis* sobre Oribatida edáficos (Arachnida: Acari) em um campo de soja**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 32p. (Boletim de Pesquisa, 13).

OLIVEIRA, M.A.; DELLA LUCIA, T.M.C.; ARAÚJO, M.S.; CRUZ, A.P. A fauna de formigas em povoamentos de eucalipto e mata nativa no estado do Amapá. **Acta Amazonica**, v.25, n.1/2, p.117-126, 1995.

OLSON, D.M. A comparison of the efficacy of litter sifting and pitfall traps for sampling leaf litter ants (Hymenoptera: Formicidae) in a tropical wet forest, Costa Rica. **Biotropica**, v.23, p.166-172, 1991.

OSBORN, F.; GOITIA, W.; CABRERA, M.; JAFFE, K. Ants, plants and butterflies as diversity indicators: comparison between strata at six forest sites in Venezuela. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v.34, n.1, p.59-64, 1999.

PANKHURST, C.E.; LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R. (Ed.). **Soil biota:** management in sustainable farming systems. Melbourne: CSIRO, 1994. p.3-12.

PASSOS, L.; OLIVEIRA, P.S. Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.19, p.261-270, 2003.

PAULA, J.A. Biodiversidade, população e economia: uma região de Mata Atlântica. Belo Horizonte, 1997. 672p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais.

PERFECTO, I.; SNELLING, R. Biodiversity ant the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffeer plantations. **Ecological Aplications**, v.5, n.4, p.1084-1097, 1995.

PETERSEN, H.; LUXTON, M. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. **Oikos**, v.39, n.3, p.288-399, 1982.

PRADO, A.P. Importância prática da taxonomia (ou o papel da taxonomia para a Entomologia Aplicada). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.24, n.2, p.165-167, 1980.

PRADO, H. **Os solos do Estado de São Paulo:** mapas pedológicos. Piracicaba: ESALQ, 1997. 205p.

PRICE, D.W.; BENHAM, G.S. Vertical distribution of soil-inhabiting microarthropods in an agricultural habitat in California. **Environmental Entomology**, v.6, n.4, p.575-580, 1977.

RAMOS, J.B. **Florestas brasileiras:** a situação da Mata Atlântica e da Floresta Amazônica. http://www.uol.com.br/instaqua/info40.htm (30 jul. 2001).

RAMOS, L.S. Impacto de práticas silviculturais sobre a diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em eucaliptais. Lavras, 2001. 111p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

RAMOS, L.S.; MARINHO, C.G.S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J.H.C.; SCHLINDWEIN, M.N. Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**, v.32, n.2, p.231-237, 2003a.

RAMOS, L.S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J.H.C.; LACAU, S.; SANTOS, M.F.S.S.; NASCIMENTO, I.C.; MARINHO, C.G.S. Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em áreas de cerrado “Stricto sensu” em Minas Gerais. **Lundiana**, v.4, n.2, p.95-102, 2003b.

READ, J.J. Use of ants to monitor environmental impacts of salt spray from a mine in arid Australia. **Biodiversity and Conservation**, v.5, p.1533-1543, 1996.

ROLAND, J. Large-scale forest fragmentation increases the duration of tent caterpillar outbreak. **Oecologia**, v.93, p.25-30, 1993.

ROOT, R.B. The niche exploration pattern of the blue-grey gnatcatcher. **Ecological Monographs**, v.37, p.317-350, 1967.

ROSENBERG, D.M.; DANKS, H.V.; LEHMKUHL, D.M. Importance of insects in environmental impact assessment. **Environmental Management**, v.10, n.6, p.773-783, 1986.

SANTOS, G.M.M.; MARQUES, O.M. Análise faunística de comunidades de formigas epigéias (Hymenoptera: Formicidae) em dois agroecossistemas em Cruz das Almas – Bahia. **Insecta**, v.5, n.1, p.1-17, 1996.

SANTOS, M.S. Estrutura da comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em fragmentos de floresta semidecídua. Lavras, 2004. 97p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

SANTSCHI, F. Notes sur quelques *Ponera* Latr. **Bulletin de la Société Entomologique de France**, v.43, p.78-80, 1938.

SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, v.5, p.12-32, 1991.

SCHOEREDER, J.H. Comunidades de formigas: bioindicadores do estresse ambiental em sistemas naturais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., Salvador, 1997. **Resumos.** Salvador: SEB; EMBRAPA-CNPMF, 1997. p.233.

SCHULTZ, T.R.; MEIER, R. A phylogenetic analysis of the fungus-growing ants (Hymenoptera: Formicidae: Attini) based on morphological characters of the larvae. **Systematic Entomology**, v.20, p.337-370, 1995.

SEASTED, T.R.; CROSSLEY JUNIOR., D.A. The influence of arthropods on ecosystems. **Bioscience**, v.34, n.3, p.157-161, 1984.

SILVA, J.A. **Ecologia:** Mata Atlântica; visão geral. wysiwig://1001/http://www.riogrande.com.br/ecologia/mata_atlantica1.htm (30 jul. 2001).

SILVA, R.R.; BRANDÃO, C.R.F. Descrição das guildas de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habitam a serapilheira: resultados preliminares. In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 16., Florianópolis, 2003. **Resumos.** Florianópolis: CCB/UFSC, 2003. p.324-328.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Ceres, 1976. 419p.

SILVESTRE, R. Estrutura de comunidades de formigas do cerrado. Ribeirão Preto, 2000. 216p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

SMITH, M.R.B. Estrutura e evolução de comunidade de Formicidae em pomares cítricos de diferentes idades em Cruz das Almas, Bahia. Cruz das Almas, 1995. 67p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia.

SOARES, S.M.; MARINHO, C.G.S.; DELLA LUCIA, T.M.C. Riqueza de espécies de formigas edáficas em plantação de eucalipto e em mata secundária nativa. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.15, n.4, p.889-898, 1998.

SOUZA, O.F.; BROWN, V.K. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. **Journal of Tropical Ecology**, v.10, p.197-206, 1994.

STORK, N.E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, v.7, n.1/2, p.23-31, 1992.

STRADLING, D.J. Nutritional ecology of ants. In: SLANSKY JUNIOR, F.; RODRIGUEZ, J.G. (Ed.). **Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates**. New York: John Wiley & Sons, 1987. p.927-969.

SUDD, J.H.; FRANKS, N.R. **The behavioural ecology of ants**. Glasgow: Blackie, 1987. 206p.

TAVARES, A.A. Diversidade de formigas não desfolhadoras (Hymenoptera: Formicidae) em área de cerrado “Stricto sensu” e *Eucalyptus cloesiana* F. Muell. Lavras, 1996. 57p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

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. (Documentos, 57).

TRAGER, J.C. A revision of the genus *Paratrechina* (Hymenoptera: Formicidae) of the continental United States. **Sociobiology**, v.9, p.51-162, 1984.

TURNER, I.M. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. **Journal of Applied Ecology**, v.33, p.200-209, 1996.

VASCONCELOS, H.L. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in Central Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, v.8, n.3, p.409-420, 1999.

VASCONCELOS, H.L.; CARVALHO, K.S.; DELABIE, J.H.C. Landscape modifications and ant communities. In: BIERREGAARD JUNIOR., R.O.; GASCON, C.; LOVEJOY, T.E. (Ed.). **Lessons from Amazonia:** the ecology and conservation of a fragmented forest. New Haven: Yale University Press, 2001. 478p.

WARD, P.S. Distribution of the introduced Argentine ant (*Iridomyrmex humilis*) in natural habitas of the lower Sacramento Valley and its effects on the indigenous ant fauna. **Hilgardia**, v.55, n.2, p.1-16, 1987.

WATT, A.D.; STORK, N.E.; EGGLETON, P.; SRIVASTAVA, D.; BOLTON, B.; LARSEN, T.B.; BRENDELL, M.J.D.; BIGNELL, D.E. Impact of forest loss and regeneration on insect abundance and diversity. In: WATT, A.D.; STORK, N.E.; HUNTER, M.D. (Ed.). **Forests and insects**. London: Chapman & Hall, 1997. p.271-284.

WILCOX, B.A.; MURPHY, D.D. Conservation strategy: the effects of the fragmentation on extinction. **The American Naturalist**, v.125, p.879-887, 1985.

WILSON, E.O. Which are the most prevalent ant genera. **Studia Entomologica**, v.19, n.1/4, p.187-200, 1976.

WILSON, E.O. Causes of ecological success: the case of the ants. **Journal of Animal Ecology**, v.56, p.1-9, 1987.

WILSON, E.O. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 658p.

WILSON, E.O. ***Pheidole* in the New World, a dominant, hyperdiverse ant genus**. Massachusetts: Harvard University Press, 2003. 794p.

WOODROFF, S.; MAJER, J.D. Colonization of ants on the exposed banks of the canning Dam reservoir. **Journal of the Australian Entomological Society**, v.8, n.4, p.41-46, 1981.

WORLD WILDLIFE FUND – WWF. **Ecossistemas:** Mata Atlântica. http://www.wwf.org.br/wwfec04.htm (30 jul. 2001).

YORK, A. The long-term effects of fire on forest ant communities: management implications for the conservation of biodiversity. **Memoirs of the Queesland Museum**, v.36, p.231-239, 1994.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 3.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1996. 662p.