



UFRRJ
INSTITUTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIOLOGIA ANIMAL

DISSERTAÇÃO

ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE FORMIGAS
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DO PLANALTO DO
ITATIAIA, RIO DE JANEIRO, BRASIL

Luciano Martins

2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

**ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE FORMIGAS
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DO PLANALTO DO ITATIAIA, RIO
DE JANEIRO, BRASIL**

LUCIANO MARTINS

Sob a Orientação do Professor
Dr. Antonio José Mayhé Nunes

e Co-orientação do Professor
Dr. Carlos Eduardo Lustosa Esbérard

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência**, no Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Área de concentração em Zoologia.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2011

595.796 Martins, Luciano, 1975-.

M386e Estrutura de comunidades de formigas
T (Hymenoptera: Formicidae) do planalto do
 Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil/**Luciano
Martins** - 2011.
 83 f.: il.

Orientador: Antonio José Mayhé Nunes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal.
Inclui bibliografia.

1. Formiga - Teses. 2. Formiga - Aspectos sociais - Teses. 3. Formiga - Classificação - Itatiaia (RJ) - Teses. 4. Comunidades vegetais - Teses. I. Nunes, Antonio José Mayhé, 1959-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

LUCIANO MARTINS

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, área de concentração em Zoologia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/02/2011

**Prof^o. Dr. Antonio José Mayhé Nunes - UFRRJ
(Orientador)**

Prof^o. Dr. Heraldo Luis de Vasconcelos - UFU

Prof^o. Dr. Klaus Jaffé Carbonell – Universidad Simón Bolívar - USB

Dedico à minha família e em especial ao meu irmão Leandro e à minha mãe Luiza.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças ao auxílio e a colaboração de inúmeras pessoas. Desde já peço desculpas aqueles que foram esquecidos, mas não menos importantes ao longo desta jornada. Agradeço em especial:

Ao meu AMIGO e orientador Prof^o Dr. Antônio José Mayhé Nunes, por ter abraçado o meu ideal de estudar formigas no PARNA Itatiaia. Pelos conselhos no estágio de docência e principalmente por me iniciar no mundo das formigas.

Ao meu AMIGO e co-orientador Prof^o Dr. Carlos Eduardo Lustosa Esbérard pela paciência nas intermináveis dúvidas sobre estatística e por também abraçar o projeto dos campos de altitude.

Aos meus AMIGOS, colegas de laboratório e amantes das formigas que auxiliaram de diversas formas e em diferentes etapas desta fase da minha vida. Em especial: André Barbosa Vargas, Fábio Souto de Almeida e Guilherme Orsolon de Souza. E aos demais: Marcel Santos de Araújo, Thiago Marinho e Alex Sander Nunes Santos. Além de terem proporcionado bons momentos com papos descontraídos regado a muito trabalho e pressão.

À minha AMIGA e Prof^a do CETUR Magda de Queiroz Carvalho por seus incentivos, apoios e gentilezas.

Ao Prof^o Dr. klaus Jaffé Carbonell pelas criticas e sugestões desta Dissertação.

Ao Prof^o Dr. Heraldo Luís Vasconcelos também pelas criticas e sugestões desta Dissertação.

Ao IBAMA, principalmente ao chefe de pesquisa do PARNA do Itatiaia, Léo Nascimento, pela autorização da pesquisa. Ao Prof^o Luís Sérgio Sarayba, por autorizar a utilização do Abrigo Rebouças e também pelo incentivo a pesquisa e ao mestrado.

Ao meu grande AMIGO que me acompanha desde o primeiro ano do Colégio Agrícola, Aldir Carlos Silva, pela paciência e companheirismo e que não sossegou enquanto não me viu fazendo Pós-Graduação na UFRRJ.

Ao Prof^o Ricardo Albieri, Diretor do CETUR, por ceder o transporte que possibilitou as coletas de campo.

A minha família: meu pai Odyr, às minhas tias Eunice, Laudelina e Isabel por acreditarem nos meus ideais e compreenderem minhas ausências.

A CAPES pela bolsa concedida auxiliando-me enormemente na execução da pesquisa.

Aos amigos do Zoológico de Volta Redonda pelo auxílio na segunda expedição ao Itatiaia: Bruno, Camila, Eduardo e Jadiel.

À Agra Mendonça Cardoso, secretária do PPGBA, por seus incentivos e gentilezas.

E a DEUS por me proporcionar esta grande experiência.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Lista das espécies de formigas coletadas no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 (Set) e Abril/2010 (Abr), com os números de registro na amostragem. 23
- Tabela 2** - Classificação das formigas em guildas no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil, com base em SILVA & BRANDÃO (2010). 25
- Tabela 3** – Índice de similaridade de Bray-Curtis (BC) e Índice de similaridade de Jaccard (BC) comparando as duas épocas de cada expedição (vegetação estépica - VE e vegetação rupícola- VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010. 29
- Tabela 4** – Índice de similaridade de Bray-Curtis (BC) e Índice de similaridade de Jaccard (JC) comparando as duas fisionomias (vegetação estépica - VE e vegetação rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010. 29
- Tabela 5** - Subfamílias amostradas com iscas de sardinha na Fisionomia I (vegetação estépica - VE) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010. 30
- Tabela 6** - Subfamílias amostradas com armadilhas de queda na Fisionomia I (vegetação estépica - VE) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010. 30
- Tabela 7** - Subfamílias amostradas com iscas de sardinha na Fisionomia II (vegetação rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010. 31

- Tabela 8** - Subfamílias amostradas com coletas manuais na Fisionomia II (vegetação rupícola- VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010. 31
- Tabela 9** - Análise de dissimilaridade de porcentagens (SIMPER) entre as espécies de formigas nas fisionomias vegetação estépica e vegetação rupícola, no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010. 34
- Tabela 10** - Análise de dissimilaridade de porcentagens (SIMPER) entre as espécies de formigas na fisionomia vegetação estépica, nos dois meses, no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010 36
- Tabela 11** - Análise de dissimilaridade de porcentagens (SIMPER) entre as espécies de formigas na fisionomia vegetação rupícola, no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010. 38
- Tabela 12** - Distribuição da riqueza de gêneros e espécies de cada subfamília de Formicidae amostradas na Fisionomia I (vegetação estépica), através das iscas de sardinha (ISC) e armadilha de queda (AQD) no Planalto do Itatiaia, RJ. Setembro/2009 e abril/2010. Entre parêntesis estão os números de gêneros e as espécies exclusivas para cada técnica. 65
- Tabela 13** - Distribuição da riqueza de gêneros e espécies de cada subfamília de Formicidae amostradas na Fisionomia II (vegetação rupícola), através das iscas de sardinha (ISC) e coletas manuais (CMN) no Planalto do Itatiaia, RJ. Setembro/2009 e abril/2010. Entre parêntesis estão os números de gêneros e as espécies exclusivas para cada técnica. 66

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização da área de estudo, no Estado do Rio de Janeiro (A), Parque Nacional do Itatiaia, Planalto do Itatiaia (B). Detalhe do Planalto do Itatiaia (C). 16
- Figura 2** - Visão geral das fisionomias estudadas no Planalto do Itatiaia (A); VE - Vegetação Estépica (B) e VR - Vegetação Rupícola (C). 17
- Figura 3** - Ilustração das técnicas de coleta utilizadas. Isca de sardinha na VE (A); Isca de sardinha na VR (B); Armadilha de queda na VE (C) e Coleta manual na VR (D). 19
- Figura 4** – Curva de distribuição de abundância das espécies de formigas para as duas fisionomias (Vegetação Estépica - VE e Vegetação Rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010. 26
- Figura 5** – Curvas de rarefação de espécies de formigas para as duas fisionomias (Vegetação Estépica – VE e Vegetação Rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010. 27
- Figura 6** – Série de Renyi para espécies de formigas de duas fisionomias (Vegetação Estépica - VE e Vegetação Rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010. 28
- Figura 7** – Ordenação resultante da análise das espécies de formigas através do escalonamento multidimensional (MDS bidimensional) na composição de espécies de formigas em duas fisionomias do Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Vegetação Estépica (triângulo preto invertido) e Vegetação Rupícola (quadrado branco). 33

- Figura 8** – Ordenação resultante da análise das espécies de formigas através do escalonamento multidimensional (MDS bidimensional) na fisionomia vegetação estépica entre os meses, no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 (triângulos brancos) e Abril/2010 (círculos pretos). 35
- Figura 9** – Ordenação resultante da análise das espécies de formigas através do escalonamento multidimensional não métrico (MDS bidimensional) na fisionomia vegetação rupícola, entre os meses, no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 (triângulos brancos) e Abril/2010 (círculos pretos). 37
- Figura 10** - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas para isca de sardinha na VE. Linha preta = riqueza observada; linha cinza = riqueza aleatorizada (1000 aleatorizações). Planalto do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010. 67
- Figura 11** - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas para armadilha de queda na VE. Linha preta = riqueza observada; linha cinza = riqueza aleatorizada (1000 aleatorizações). Planalto do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010. 68
- Figura 12** - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas para isca de sardinha + armadilha de queda na VE. Linha preta = riqueza observada; linha cinza = riqueza aleatorizada (1.000 aleatorizações). Planalto do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010. 69
- Figura 13** - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas por amostra de isca de sardinha na VR. Linha preta = riqueza observada; linha cinza = riqueza aleatorizada (1.000 aleatorizações). Planalto do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010. 70

Figura 14 - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas por amostra de coleta manual na VR. Linha preta = riqueza observada; linha cinza = riqueza aleatorizada (1000 aleatorizações). Planalto do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010. 71

Figura 15 - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas por amostra de Isca de sardinha + coleta manual para VR. Linha preta = riqueza observada; linha cinza = riqueza aleatorizada (1000 aleatorizações). Parque Nacional do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010. 72

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPÍTULO 1- DIVERSIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DO PLANALTO DO ITATIAIA, RIO DE JANEIRO, BRASIL	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1.1 INTRODUÇÃO	12
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	15
1.2.1 Área de estudo	15
1.2.2 Amostragem das Formigas	18
1.2.3 Triagem do Material e Identificação	18
1.2.4 Análise dos Dados da Diversidade	20
1.2.5 Análise da Estrutura da Comunidade	21
1.3 RESULTADOS	22
1.3.1 Efeito da Época de cada Expedição	28
1.3.2 Efeito do ambiente	29
1.3.3 Estrutura da Comunidade	32
1.3.3.1 Influência das Fisionomias na Formicifauna	32

1.3.3.2 Influencia entre os meses na Fisionomia Vegetação Estépica	35
1.3.3.3 Influência entre os meses na Fisionomia Vegetação Rupícola	36
1.4 DISCUSSÃO	39
1.4.1 Diversidade e Riqueza	39
1.4.2 Estrutura da Comunidade	42
1.4.2.1 Efeito das fisionomias sobre a formicifauna	42
1.4.2.2 Influência das épocas das expedições sobre a formicifauna	43
1.5 CONCLUSÕES	44
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
CAPÍTULO 2 – COMPARAÇÃO ENTRE TRÊS TÉCNICAS DE COLETA PARA ESTIMAR A RIQUEZA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NO PLANALTO DO ITATIAIA, RIO DE JANEIRO, BRASIL	57
RESUMO	58
ABSTRACT	59
2.1 INTRODUÇÃO	60
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	62
2.2.1 Área de Estudo	62
2.2.2 Procedimentos de coleta	63

2.2.3 Identificação das formigas	64
2.2.4 Análise dos dados	64
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
2.4 CONCLUSÕES	75
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
CONCLUSÕES GERAIS	83

RESUMO GERAL

MARTINS, Luciano. **Estrutura de comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil.** 2011. 83 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

Este estudo foi o primeiro a descrever a formicifauna em campos de altitude no Brasil. No primeiro capítulo foi avaliada a estrutura de comunidades de formigas em campos de altitude no PARNA Itatiaia, RJ. A formicifauna foi amostrada em duas expedições (setembro/2009 e abril/2010). As coletas foram realizadas em duas fisionomias, VE (vegetação estépica) e VR (vegetação rupícola), ambas em ambiente abertos (não florestados) situadas em torno de 2400 m de altitude. Utilizaram-se armadilhas de queda, iscas de sardinha e coletas manuais. As armadilhas e iscas foram dispostas em seis grades de 40 x 30 m, totalizando 360 amostras, mais 12 amostras de coletas manuais. Nas duas épocas foram capturados 2197 indivíduos, distribuídos em quatro subfamílias, 11 gêneros e 30 espécies. Os gêneros com maior número de espécies foram *Camponotus* (7), *Solenopsis* (6), *Brachymyrmex* (4) e *Pheidole* (4). A subfamília com maior riqueza foi Myrmicinae (16 espécies), seguida por Formicinae (11), Dolichoderinae (2) e Ponerinae (1). A composição e a diversidade das comunidades de formigas diferiram entre as fisionomias, sendo na VR observada maiores diversidade e dominância. Em ambas as fisionomias foram observadas uma dominância mais marcante de poucas espécies mais abundantes e muitas espécies pouco abundantes. As iscas obtiveram maior riqueza de espécies na VE. Na VR houve um ligeiro aumento da riqueza de espécies em abril. A utilização de armadilhas não mostrou diferenças entre as expedições. A coleta manual evidenciou diferenças entre as expedições, em abril obteve-se maior riqueza de espécies. No segundo capítulo foram comparadas três técnicas de coleta para estimar a riqueza de espécies de formigas em campos de altitude do Planalto do Itatiaia. São apresentados dados comparativos das estimativas da riqueza de gêneros, de espécies e as curvas de acumulação de espécies amostradas com iscas, armadilhas

e coletas manuais, nas duas fisionomias. Na VE foram registrados 50% dos gêneros e 36,8% das espécies coletadas exclusivamente pelas iscas, e 10% e 21,1% pelas armadilhas, respectivamente. Para a VR foram registrados 16,7% e 15,4% dos gêneros e espécies exclusivas para iscas, porém nenhum gênero foi restrito a coleta manual; contudo esta técnica registrou 38,5% de espécies exclusivas. Em se tratando de campos de altitude e quando apenas uma das técnicas possa ser utilizada, a isca foi mais eficiente para amostrar a riqueza em VE. Para VR, a coleta manual se apresentou mais apropriada para registrar sua riqueza. No entanto, as armadilhas de queda (na VE) e as iscas (na VR) registraram uma parcela não tão desprezível da riqueza. Nestes dados, as coletas manuais foram associadas a protocolos de coleta padronizados, e, apesar de serem bastante criticadas, mostraram eficiência no registro de espécies em habitats em que outras técnicas mais difundidas não podem ser utilizadas. Apesar de fisionomias distintas apresentarem eficiência de técnica de coleta diferenciada, é relevante a utilização das três técnicas para se potencializar o registro das espécies em campos de altitude.

Palavras - chave: estrutura de comunidades, curvas de acumulação de espécies, isca de sardinha, armadilha de queda e coleta manual.

ABSTRACT

MARTINS, Luciano. **Community structure of ants (Hymenoptera: Formicidae) in Itatiaia Plateau, Rio de Janeiro state, Brazil.** 2011. 83 p. Dissertation (MSc in Animal Biology). Institute of Biology, Department of Biology Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

In the first chapter we evaluated the structure of ant communities in campos de altitude in Itatiaia National Park, Rio de Janeiro state. The ant fauna was sampled in two expeditions (September/2009 and April/2010). Samples were collected in two physiognomies, VE (vegetation without rocks) and VR (vegetation with rocks), both in open environment (not forested) located around 2400 m altitude. We used pitfall traps, sardine baits, and manual collecting. Pitfall traps and baits were placed in six grids 40 x 30 m, totalizing 360 samples, plus 12 samples of manual collecting. In both expeditions were captured 2197 individuals belonging to four subfamilies, 11 genera and 30 species. The speciose genera were *Camponotus* (7), *Solenopsis* (6), *Brachymyrmex* (4) and *Pheidole* (4). Myrmicinae was the richest subfamily (16 species), followed by Formicinae (11), Dolichoderinae (2) and Ponerinae (1). The composition and diversity of ant communities differed significantly among physiognomies and on VR were observed a greater diversity and dominance of ants. Both physiognomies showed a more marked dominance of a few abundant species and many less abundant ones. The ant's communities showed 48% of similarity between two physiognomies. The baits recorded higher species richness in VE. In VR there was a slight increase of species richness in April. The pitfall traps did not show significant differences between the expeditions. The manual collecting showed significant differences between expeditions and in April was found a higher species richness. On the second chapter we compared three sampling techniques to estimate species richness of ants at "campos de altitude" in Itatiaia Plateau. Comparative data for richness of genera, species and accumulation curves of species are presented for bait, pitfall traps and manual collecting for both physiognomies. In VE

were registered 50% of genera and 36.8% of species collected exclusively by baits, and 10% and 21.1% by pitfall traps, respectively. In VR were registered 16.7% of genera and 15.4% of species exclusive for baits, but any genus was restricted for manual collecting, however this technique recorded 38.5% of exclusive species. In the case of “campos de altitude” and when only one technique can be used, the sardine bait was the most efficient sample technique to access richness at VE. For VR, the manual collecting was the most appropriate technique to record species richness. However, the pitfalls (in VE) and bait (in VR) recorded an important portion of species richness. In our data, the manual collecting were associated with standardized data collecting protocols, and, although much criticized, have shown effectiveness in recording species in habitats where widespread techniques cannot be used. In spite of different physiognomies show differentiated efficiency for samples techniques, it is relevant to using more than one technique associated to a collecting protocol well structured to potentiated the record of the new species in environments as the “campos de altitude”.

Key words: communities structure, species accumulation curve, sardine bait, pitfall traps and manual collecting.

INTRODUÇÃO GERAL

A estrutura da comunidade envolve todos os organismos, de forma individual, que estão interconectados por uma comunidade, avaliando todas as maneiras de interagir, como por exemplo, nível trófico, distribuição das espécies, abundância relativa, dominância, riqueza em espécies ou diversidade (RICKLEFS, 2003).

Por sua vez, a diversidade e a riqueza em espécies têm fortes relações com fatores como a distribuição geográfica e a estrutura do habitat (BEGON *et al.*, 2007). A estrutura do habitat e a heterogeneidade representam a variação horizontal na fisionomia e na cobertura da vegetação. A complexidade descreve a variação vertical dentro do habitat (WILLIAMS *et al.*, 2002).

Vários trabalhos discutem a relação entre a diversidade de espécies de formigas com a complexidade e a heterogeneidade de habitat em ambientes rupícolas. Alguns estudos com formigas relatam uma relação positiva com a complexidade vegetal (DIAZ-CASTELAZO & RICO-GRAY, 1998), com a heterogeneidade vegetal (FISHER, 1998; 1999; BRÜHL *et al.* 1999; ROBERTSON, 2002; SANDERS *et al.*, 2003; SOARES *et al.*, 2003) e com a heterogeneidade e complexidade vegetal sobre as rochas (DEAN & TURNER, 1991; IGNACIO *et al.*, 1993) e ambos (JAFFE *et al.*, 1993; ARAÚJO & FERNANDEZ, 2003), embora tenham encontrado baixa riqueza em espécies quando comparado com outros ambientes não rupícolas.

A baixa riqueza em espécies de formigas nestes ambientes pode ser atribuída a distribuição das espécies que, por sua vez, explica as relações existentes entre a diversidade biológica e o funcionamento dos ecossistemas (STORK, 2007), levando em consideração que a distribuição das espécies é regida pelas condições físicas e biológicas (BROWN, 1995; HUSTON, 1998). Em um estudo das comunidades de formigas nos “Tepuis” da Venezuela, JAFFE *et al.*, (1993) encontraram uma limitação da riqueza de espécies em virtude do isolamento geográfico e das condições climáticas causadas por elevadas cotas altimétricas. TERBORG & WESKE (1975) já tinham observado que o aumento da altitude geralmente é um dos fatores responsáveis pela diminuição da riqueza de aves no topo das montanhas. Entretanto, os resultados de SANDERS *et al.* (2003) sugerem que, em ecossistemas áridos, a riqueza de espécies de alguns

táxons de formigas pode ser maior em altas elevações. Nas cotas altimétricas maiores dos ecossistemas áridos as temperaturas são mais baixas e com maior precipitação podendo suportar altos níveis de produção primária e provocar menores níveis de estresse fisiológico. Por outro lado, o padrão de riqueza de formigas dos campos de altitude do sul e sudeste brasileiro tem o padrão geral da relação inversa entre a altitude e riqueza (TERBORG & WESKE, 1975).

Os campos de altitude estão inseridos no Bioma Mata Atlântica e ocorrem acima de 1000 m de altitude nas proximidades do cume da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira, distribuídos desde os estados de Santa Catarina até o Rio de Janeiro com área total de distribuição estimada em 350 km² (SAFFORD, 1999a), ocupando uma área de 50 km² no Planalto do Itatiaia (MARTINELLI *et al.*, 1989). Sua ocorrência junto das formações florestais vizinhas está relacionada ao clima e, secundariamente, às condições pedológicas (RIBEIRO & MEDINA, 2002). As causas de sua formação são complexas e mostram uma paisagem campestre antiga, do final do Pleistoceno, quando o clima frio e seco dominava a região sudeste do continente sul-americano (SAFFORD, 1999b).

Este ecossistema apresenta extrema heterogeneidade e complexidade ambiental o que favorece a diversificação de fisionomias e microhabitats (LARSON *et al.*, 2000). Os campos de altitude, os campos rupestres e os “Tepuis” podem ser confundidos já que apresentam semelhanças fisionômicas e ecológicas, mas diferem pela composição florística e litologia (CAIAFA & SILVA, 2005). Nos campos de altitude ocorrem rochas metamórficas do tipo nefelino-sienito (MACHADO-FILHO *et al.*, 1983; SCHOBENHAUS *et al.*, 1984) e estão inseridos na Mata Atlântica, enquanto nos campos rupestres ocorrem rochas quartzíticas e areníticas, sendo um ecossistema do Cerrado e da Caatinga. Os “Tepuis” estão localizados ao norte da Amazônia, característicos pelas rochas areníticas ou quartzíticas que formam elevações em forma de tabuleiros (ALVES *et al.*, 2007).

A Mata Atlântica é considerada um dos biomas mais ricos do mundo e mais prioritários para a conservação da biodiversidade em todo o continente americano, estando entre os 25 “hotspots” mundiais (MORELLATO & HADADD, 2000; MYERS *et al.*, 2000; MMA, 2002). Alguns fatores como a variação latitudinal (de 5° a 25° de latitude sul) e altitudinal (desde o nível do mar até mais de 3000 metros), além da presença de muitos ecossistemas associados (campos

de altitude, restingas, mangues e brejos, por exemplo), fazem da Mata Atlântica um dos biomas de maior diversidade biológica (ALMEIDA, 2000; MMA, 2002). As áreas de encostas e de cotas altimétricas elevadas da Mata Atlântica permaneceram, em grande parte, a salvo dos processos de conversão dos ambientes naturais para usos antrópicos, tanto pela dificuldade de acesso, quanto pela adversidade das condições ambientais. Por isso, os campos de altitude consistem em uma das raras amostras da natureza bem conservada nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Até o momento não existem estudos sobre a fauna de formigas em campos de altitude. Em ecossistemas semelhantes foram realizados apenas três trabalhos, em campos rupestres, situados no bioma cerrado (SOARES *et al.*, 2003; ARAÚJO & FERNANDES, 2003) e nos “Tepuis” (JAFFE *et al.*, 1993) situados no bioma Amazônico. Estes estudos anteriores apresentam um padrão de riqueza de formigas bastante inferior aos encontrados nos seus respectivos biomas, com 26 espécies de formigas nos campos rupestres da Bahia, 42 espécies no cerrado e 28 nos “Tepuis”.

No Estado do Rio de Janeiro foram realizados levantamentos de formigas em vários ecossistemas. Em floresta ombrófila densa (VEIGA-FERREIRA *et al.*, 2005), em mata de encosta (SCHÜTTE *et al.*, 2007), em restinga (VARGAS *et al.*, 2007), em agroecossistemas (PEREIRA *et al.*, 2007a) e em agroecossistemas circundados por floresta ombrófila densa (PEREIRA *et al.*, 2007b). Embora a Mata Atlântica seja um dos biomas mais bem estudados no Brasil, ainda faltam informações sobre a diversidade de formigas nos variados ecossistemas encontrados no Estado do Rio de Janeiro (SCHÜTTE *et al.*, 2007).

Este trabalho teve como objetivo geral fazer o primeiro inventário de formigas no Planalto do Itatiaia, visando contribuir para o conhecimento da diversidade de formigas em ecossistemas da mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro.

No capítulo I encontra-se um estudo sobre a diversidade de formigas nos campos de altitude do Planalto do Itatiaia, assim como a estrutura da comunidade de formigas e a classificação das suas guildas. No Capítulo II discute-se a eficiência de três técnicas de coleta, para estimar a riqueza de espécies de formigas neste ecossistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D.S. Recuperação ambiental da Mata Atlântica . Ilhéus: Editus, 2000. 130 p.

ALVES, R.J.V.; CARDIN, L. & KROPF, M.S. Angiosperm disjunction “Campos rupestres - restingas”: a re-evaluation. **Acta botânica brasileira**, v. 21, n. 3, p. 675-685, 2007.

ARAÚJO, L. M. & FERNANDES, G. W. Altitudinal patterns in a tropical ant assemblage and variation in species richness between habitats. **Lundiana**, v. 4, n. 2, p. 103-109, 2003.

BEGON, M., TOWNSEND, C.R. & HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas**. 4^a Edição. Artmed Editora S/A. Porto Alegre, 2007.

BROWN, J. H. **Macroecology**. Chicago, The University of Chicago Press. 269 p. 1995.

BRÜHL, C. A.; MOHAMED, M. & LINSENMAIR, K. E. Altitudinal distribution of leaf litter ants along a transect in primary forests on Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 15, p. 265-277, 1999.

CAIAFA, A. N. & SILVA, A. F. Composição florística de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais – Brasil. **Rodriguésia**, v. 56, n. 87, p. 163-173, 2005.

DEAN, W. R. J. & TURNER, J. S. Ants nesting under stones in the semi-arid Karoo, South Africa: predator avoidance or temperature benefits? **Arid Environ**, v. 21: p. 59-69, 1991.

DIAZ-CASTELAZO, C. & RICO-GRAY, V. Frecuencia y estacionalidad en el uso de recurso vegetales por las hormigas en um bosque montano bajo de Veracruz, México. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 73, n. 1, p. 45-55, 1998.

FISHER, B.L. **Ant diversity patterns along an elevational gradient in the Réserve Spéciale d'Anjanaharibe-Sud and on the western Masoala Peninsula, Madagascar.** Pages 39–67 in S.M. Goodman, ed., A Floral and Faunal Inventory of the Réserve Spéciale d'Anjanaharibe-Sud, Madagascar: with Reference to Elevational Variation. **Fieldiana: Zoology**, v. 90, n. 1, p. 1–246. 1998.

FISHER, B.L. Ant diversity patterns along an elevational gradient in the Réserve Naturelle d'Andohahela, Madagascar. **Fieldiana Zoology**, v. 1, n. 94, p. 129-147, 1999.

HUSTON, M. A. **Biological diversity: The coexistence of species on changing landscapes.** 1 st Ed. Cambridge, Cambridge University Press, 681 p. 1998.

IGNACIO, F. E. TINAUT, A. & RUANO, F. Rock selection for nesting in *Proformica longiseta* Collingwood, 1978 (Hymenoptera: Formicidae) in a Mediterranean high mountain. **Int. J. Biometeorol.**, v. 37, p. 83-88, 1993.

JAFFE, K.; LATTKE, J.; PEREZ-HERNANDEZ, R. Ants on the Tepuies of the Guiana shield: a zoogeographic study. Sociedad Venezoelana de Ecología. **Ecotropicos**, v. 6, n. 1, p. 22-29, 1993.

LARSON, D.W.; MATTHEUS, U.; KELLY, P.E. **Cliff Ecology. Pattern and process in cliff Ecosystems.** Cambridge Studies in Ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

MACHADO - FILHO, L., RIBEIRO, M.W., GONZALEZ, S.R., SCHENINI, C.A., NETO, A.S., PALMEIRA, R.C.B., PIRES, J.L., TEIXEIRA, W. & CASTRO, H.E.F. Geologia. **Projeto Radambrasil. Folhas SF.23/34, Rio de Janeiro/Vitoria. Levantamento de Recursos Naturais.** N° 32, pp. 27–304. Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro, 1983.

MARTENELLI, G.; BANDEIRA, J.; BRAGANÇA, J. O. **Campos de Altitude.** Rio de Janeiro: Index, 1989.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Biodiversidade Brasileira – avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira.** Brasília, MMA/SBF. 404p, 2002.

MORELLATO, L.P.C. & HADDAD, C.F.B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 32, p. 786-792, 2000.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

PEREIRA, M. P. S.; QUEIROZ, J. M.; SOUZA, G. O.; MAYHÉ-NUNES, A. J. Influência da heterogeneidade da serapilheira sobre as formigas que nidificam em galhos mortos em floresta nativa e plantio de eucalipto. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n. 3, p. 161-164, 2007a.

PEREIRA, M. P. S.; QUEIROZ, J. M.; VALCARCEL, R.; MAYHE-NUNES, A. J. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência Florestal**, v. 17, p. 197-204, 2007b.

RIBEIRO, K. T.; MEDINA, B. M. O. Estrutura, dinâmica e biogeografia das ilhas de vegetação sobre rocha do planalto do Itatiaia – RJ. **Boletim do Parque Nacional do Itatiaia – RJ**, Rio de Janeiro, n. 10. 83 p., 2002.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 498 p., 2003.

ROBERTSON, H. G. Comparison of leaf litter ant communities in woodlands, lowland forests and montane forests of north-eastern Tanzania. **Biodiversity and Conservation**, v. 11, p. 1637–1652, 2002.

SAFFORD, H. D. Brazilian páramos I. An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, n. 26, p. 693-712, 1999a.

SAFFORD, H. D. Brazilian Páramos II. Macro- and mesoclimate of the campos de altitude and affinities with high mountain climates of the tropical Andes and Costa Rica. **Journal of Biogeography**, 26, 713–737, 1999b.

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

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R. & ASMUS, H. **Geologia do Brasil**. Departamento Nacional da Produção Mineral, Ministério das Minas e Energia, Brasília. 1984.

SCHÜTTE, M. S.; QUEIROZ, J. M. MAYHÉ-NUNES, A. J. & PEREIRA, M. P. S. Inventário estruturado de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em floresta ombrófila de encosta na ilha da Marambaia, RJ. **Iheringia, Sér. Zool**, v. 97, n. 1, p.103-110, 2007.

SOARES, I. M. F.; SANTOS, A. A.; GOMES, D. DELABIE, J. H. C.; CASTRO, I. F. Comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em uma ilha de florestas ombrófila serrana em região de caatinga (BA, Brasil). **Acta Biológica Leopoldinense**, v. 25, n. 2, p. 197 – 204, 2003.

STORK, N. E. 2007. Biodiversity: Word of insects. **Nature**, v. 448, p. 657-658.

TERBORGH, J. & WESKE, J. S. The role of competition in the distribution of Andean birds. **Ecology**, v. 56, p. 562–576, 1975.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M.; SOUZA, G. O. & RAMOS, E. F. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 1, p. 28-37, 2007.

VEIGA-FERRERIA, S.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M. Comunidade de formigas de serapilheira na Reserva Biológica do Tinguá, Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Universidade Rural. Série Ciências da Vida**, v. 25, n. 1, p. 49 – 54, 2005.

WILLIAMS, S.E., MARSH, H. & WINTER J. Spatial scale, species diversity, and habitat structure: small mammals in australian tropical rain forest. **Ecology**. v. 83, n. 5 p. 1317-1329, 2002.

CAPÍTULO 1

DIVERSIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DO PLANALTO DO ITATIAIA, RIO DE JANEIRO, BRASIL

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a riqueza e a diversidade de formigas em comunidades de campos de altitude no Planalto do Itatiaia, no Rio de Janeiro. Os objetivos específicos foram (1) verificar a existência de variação na estrutura da formicifauna em duas fisionomias com características distintas, coletadas em duas épocas diferentes e (2) classificar a comunidade em guildas. A formicifauna foi amostrada em duas expedições, uma em setembro/2009 e outra em abril/2010. As coletas foram realizadas em duas fisionomias, VE (vegetação estépica) e VR (vegetação rupícola), ambas em ambientes abertos (não florestados) situadas em torno de 2500 m de altitude. Foram utilizadas armadilhas de queda, iscas de sardinha e coletas manuais. As armadilhas e iscas foram dispostas em seis grades de 40 x 30 m, totalizando 360 amostras, mais 24 unidades amostrais de coletas manuais. No total foram capturados 2197 indivíduos, distribuídos em quatro subfamílias, 11 gêneros e 30 espécies. A subfamília com maior riqueza foi Myrmicinae (16 espécies), seguida por Formicinae (11), Dolichoderinae (2) e Ponerinae (1). Os gêneros com maior número de espécies foram *Camponotus* (7), *Solenopsis* (6), *Brachymyrmex* e *Pheidole* (ambos com quatro espécies). A composição e a diversidade das comunidades de formigas diferiram entre as fisionomias VE e VR, sendo na VR observada maiores diversidade e dominância. Em ambas as fisionomias as curvas de distribuição de abundância das espécies aponta uma dominância mais marcante de poucas espécies mais abundantes e muitas espécies pouco abundantes. Quanto à riqueza das fisionomias, foram encontrados 18 espécies na VE e 27 espécies na VR, correspondendo a 48% de similaridade. A estrutura da comunidade de formigas diferiu entre as fisionomias e também entre as duas épocas de coleta. Os resultados sugerem que a diversidade de formigas no Planalto do Itatiaia seja semelhante aos Campos Rupestres, “Tepuis” e ao Planalto das Araucárias, apesar das condições climáticas adversas. Assim, este estudo contribuiu para o conhecimento da diversidade de formigas no Estado do Rio de Janeiro e foi o primeiro a descrever a formicifauna em ecossistema de campos de altitude do Brasil.

Palavras - chave: comunidade de formigas, riqueza, estrutura de comunidades.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the diversity and richness of ant communities in “campos de altitude” in Itatiaia Plateau, in Rio de Janeiro state. The specific objectives were (1) to verify the existence of variation in the structure of the ant fauna in two different physiognomies, which were collected at two different times and (2) to classify the community into guilds. The ant fauna was sampled in two expeditions, in September/2009 and April/2010. Samples were collected in two sites, VE (vegetation without rocks) and VR (vegetation with rock), both in open environment (not forested) located around 2500 m altitude. We used pitfall traps, sardine baits, and manual collecting. Pitfall traps and baits were placed in six grids with 40 x 30 m, totalizing 360 samples plus 24 samples of manual collecting. Were captured 2197 individuals belonging to four subfamilies, 11 genera and 30 species. The subfamily Myrmicinae was the richest (16 species), followed by Formicinae (11), Dolichoderinae (2) and Ponerinae (1). The genera with most species were *Camponotus* (7), *Solenopsis* (6), *Brachymyrmex* and *Pheidole* both with four species. The composition and diversity of ant communities differed significantly between physiognomies, and in VR were observed a greater diversity and dominance. On both sites the curves of species abundance distribution showed a more marked dominance of a few most abundant species and many species less abundance. As the richness of physiognomies, were found 18 species in VE and 27 species in VR, representing 48% similarity. The structure of ant communities differed between physiognomies and also between two expeditions. The results suggested that the diversity of ants in the Itatiaia Plateau is high, despite of adverse weather conditions. Then, this study contributed to knowledge of ants in the Rio de Janeiro state and was the first to describe the ant fauna in the Brazilian “campos de altitude”.

Key words: ant communities, richness, structure of communities.

1.1 INTRODUÇÃO

Os campos de altitude, considerados um dos ecossistemas mais preservados do mundo (SAFFORD, 1999a), são abertos, ou seja, não possuem formações florestais e são formados por uma série de áreas úmidas, restringidas aos cumes mais altos do sudeste brasileiro acima de 2000 m de altitude, incluindo um “arquipélago” terrestre clássico e isolado, que possuem variados habitats de topo de montanhas. Estes sistemas diminutos formam o ecossistema terrestre mais alto e mais frio na América do Sul oriental, além de ser o mais inusitado do bioma Mata Atlântica (SAFFORD, 1999b).

Em ecossistemas terrestres, a diversidade de espécies de formigas aumenta conforme a complexidade estrutural do habitat (HÖLDOBLER & WILSON, 1990), principalmente em ambientes tropicais, onde as florestas comportam um número de espécies bastante elevado (FOWLER *et al.*, 1991). Por outro lado, a riqueza em espécies de formigas pode sofrer variações conforme as condições geográficas como a altitude, latitude e condições climáticas como a umidade, insolação e principalmente a temperaturas severas (WARD, 2000).

KASPARI (2003) classificou as formigas como organismos termofílicos, pois são raras as espécies que conseguem ficar ativas sob baixas temperaturas. A faixa ótima de temperatura para as formigas fica em torno de 30°C, tanto para suas atividades, como para os seus processos fisiológicos, o que justifica sua grande diversidade entre os trópicos, principalmente na região Neotropical (HÖLDOBLER & WILSON, 1990).

As formigas são ótimos organismos para estudos de diversidade, pois apresentam ampla distribuição geográfica, podem ser encontradas em quase todos os habitats terrestres, exceto nos pólos (HÖLDOBLER & WILSON, 1990; JAFFE, 1993). Ocorrem do Equador até 50° de latitude, e do nível do mar a aproximadamente 3000 m de altitude (BRÜHL *et al.*, 1999), apesar de BHARTI (2008) ter encontrado algumas espécies a 4800 m no Himalaia. Compõem aproximadamente 1,5% de todos os insetos do globo (WILSON, 2000) e 15% da biomassa da região Neotropical (FITKAU & KLINGE, 1973), distribuídos em florestas tropicais, campos, restingas, mangues, agroecossistemas e, provavelmente, nos principais ecossistemas terrestres do

globo, apresentando diferenças na estrutura das comunidades conforme o ecossistema estudado (CARDOSO *et al.*, 2010).

Segundo GUILLER (1984) é possível examinar a estrutura das comunidades concentrando-se em dois aspectos importantes da sua organização: o número de espécies e as respectivas abundâncias relativas. Estas medidas podem ser incorporadas em índices biológicos tais como riqueza, diversidade e equitabilidade, na tentativa de resumir as informações e facilitar a comparação entre habitats.

É de grande importância o conhecimento dos padrões da estrutura e composição de comunidades. Tais conhecimentos geram informações que podem permitir o manejo sustentado das comunidades animais e o monitoramento de atividades antrópicas (SOARES-GOMES & PIRES-VANIN, 2003).

Os estudos de comunidades enfatizam o papel da riqueza, diversidade e abundância na estruturação das comunidades, como sendo os mais importantes (TOWNSEND *et al.*, 2010). Outro método importante para estruturar comunidades dando condições para indicar a disponibilidade de nichos ecológicos em um ecossistema é classificar as comunidades em guildas (ANDERSEN, 1997).

As guildas podem ser vistas como restrições primárias dos processos ecológicos e evolutivos, porque limitam um conjunto de espécies que podem interagir em um determinado lugar e tempo. Às características morfológicas tem relação com o desempenho ecológico de uma dada espécie (SILVA & BRANDÃO, 2010). Essa classificação permite dar informações qualitativas ao conjunto de dados.

Até o momento não existem estudos sobre a diversidade de formigas em campos de altitude. Em ecossistemas semelhantes foram realizados apenas três trabalhos, o primeiro nos “Tepuis”, localizado no bioma Amazônico da Venezuela (JAFFE *et al.*, 1993). O segundo nos campos rupestres situado no bioma da Caatinga na Serra da Jibóia, Bahia (SOARES *et al.*, 2003) e o terceiro, também em campos rupestres, em bioma do Cerrado, na região da Serra do Cipó, Minas Gerais (ARAÚJO & FERNANDES, 2003). Este último enfatizou gradientes altitudinais levando em conta apenas a última cota altimétrica neste ecossistema. Estas pesquisas indicaram padrões diferenciados na riqueza de formigas que são semelhantes aos Campos Rupestres,

“Tepuis” e Planalto das Araucárias (JAFFE *et al.*, 1993; SOARES *et al.*, 2003; (ARAÚJO & FERNANDES, 2003). Esta diminuição da riqueza de formigas pode ser explicada pela altitude elevada, além do isolamento geográfico e dos fatores climáticos extremos (KUSNEZOV, 1957).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a diversidade e a riqueza de formigas em campos de altitude no Planalto do Itatiaia, no Rio de Janeiro. Os objetivos específicos foram (1) verificar a existência de variação na estrutura da formicifauna em duas fisionomias com características distintas, amostradas em duas épocas diferentes, (2) classificar as espécies em guildas.

Para avaliar a influência das fisionomias na formicifauna tentamos confirmar duas predições: (1) A composição da formicifauna é diferente entre os habitats. (2) Com a intenção de verificar a influencia das expedições em duas épocas do ano sobre a fauna de formigas, prevemos que a composição de espécies seja diferente entre setembro e abril.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Área de estudo

O Planalto do Itatiaia ($22^{\circ}22'S$ $44^{\circ}40'W$) está localizado no Parque Nacional do Itatiaia, entre os municípios de Resende e Itatiaia no Estado do Rio de Janeiro. Os campos de altitude do Planalto de Itatiaia ocupam uma área aproximada de 50 km^2 (IBAMA, 1997), sendo considerado como refúgio ecológico, por apresentar diversas fisionomias (IBGE, 1991) (Figura 1A, B e C). Neste ecossistema as coletas foram realizadas em duas fisionomias distintas:

Fisionomia I (VE): “Vegetação estépica”, apresenta uma estrutura estépica decorrente em várzea e coberta predominantemente por gramíneas, principalmente *Cortaderia modesta* (Doell) Rack (BRADE, 1956), situada em relevo plano a aproximadamente 2400 m de altitude ($22^{\circ}23'03.23''S$ $44^{\circ}40'51.10''W$) (Figuras 2A e B).

Fisionomia II (VR): “Vegetação rupícola”, caracterizada pela vegetação rupícola e pelos afloramentos rochosos, onde crescem ilhas de vegetação bastante heterogêneas (LARSON *et al.*, 2000) que formam tapetes contínuos em sua superfície (POREMBSKI *et al.*, 1998), com predomínio de Bromeliaceae, Cyperaceae, Melastomataceae, Orchidaceae e Poaceae, formando diversos microclimas e microhabitats, situada em relevo acidentado a aproximadamente 2400 m de altitude ($22^{\circ}22'47.09''S$ $44^{\circ}40'51.69''W$) (Figuras 2A e C).

A precipitação anual varia de 1967 a 3037 mm, com média de 2429 mm. Cerca de 80% das chuvas concentram-se de outubro a março. As temperaturas podem chegar até -10°C , com média anual de $14,4^{\circ}\text{C}$. Os meses mais frios concentram-se entre maio e agosto, quando ocorre maior insolação (SEGADAS-VIANA & DAU, 1965).

Foram realizadas duas expedições, uma em setembro/2009 e outra em abril/2010. Estes meses foram escolhidos com base no climatograma de SAFFORD (1999a) e nas informações de SEGADAS-VIANA & DAU (1965), que indicam a ocorrência de menor pluviosidade e temperaturas mais amenas nestes meses.

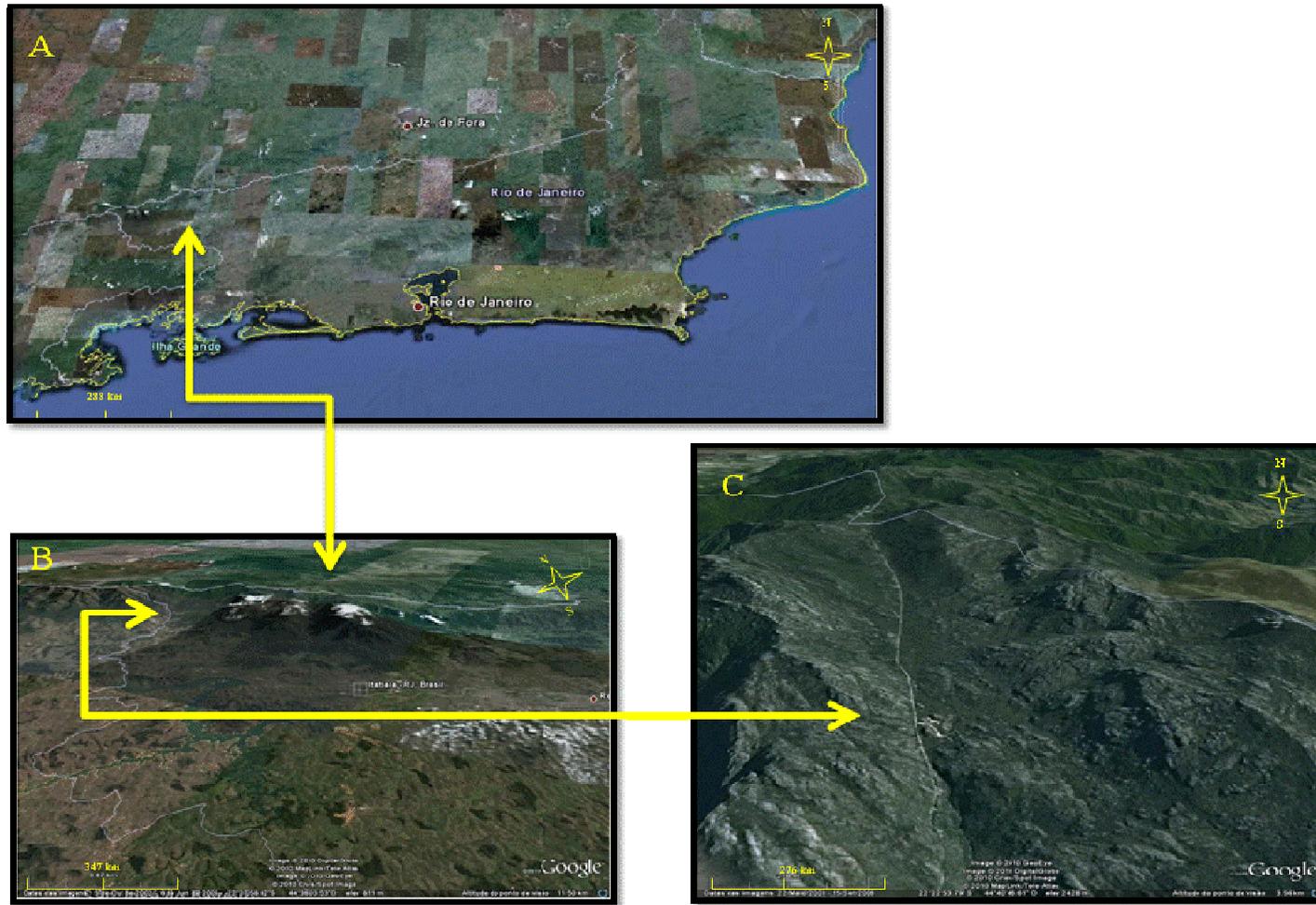


Figura 1 - Localização da área de estudo, no Estado do Rio de Janeiro (A), Parque Nacional do Itatiaia, Planalto do Itatiaia (B). Detalhe do Planalto do Itatiaia (C).

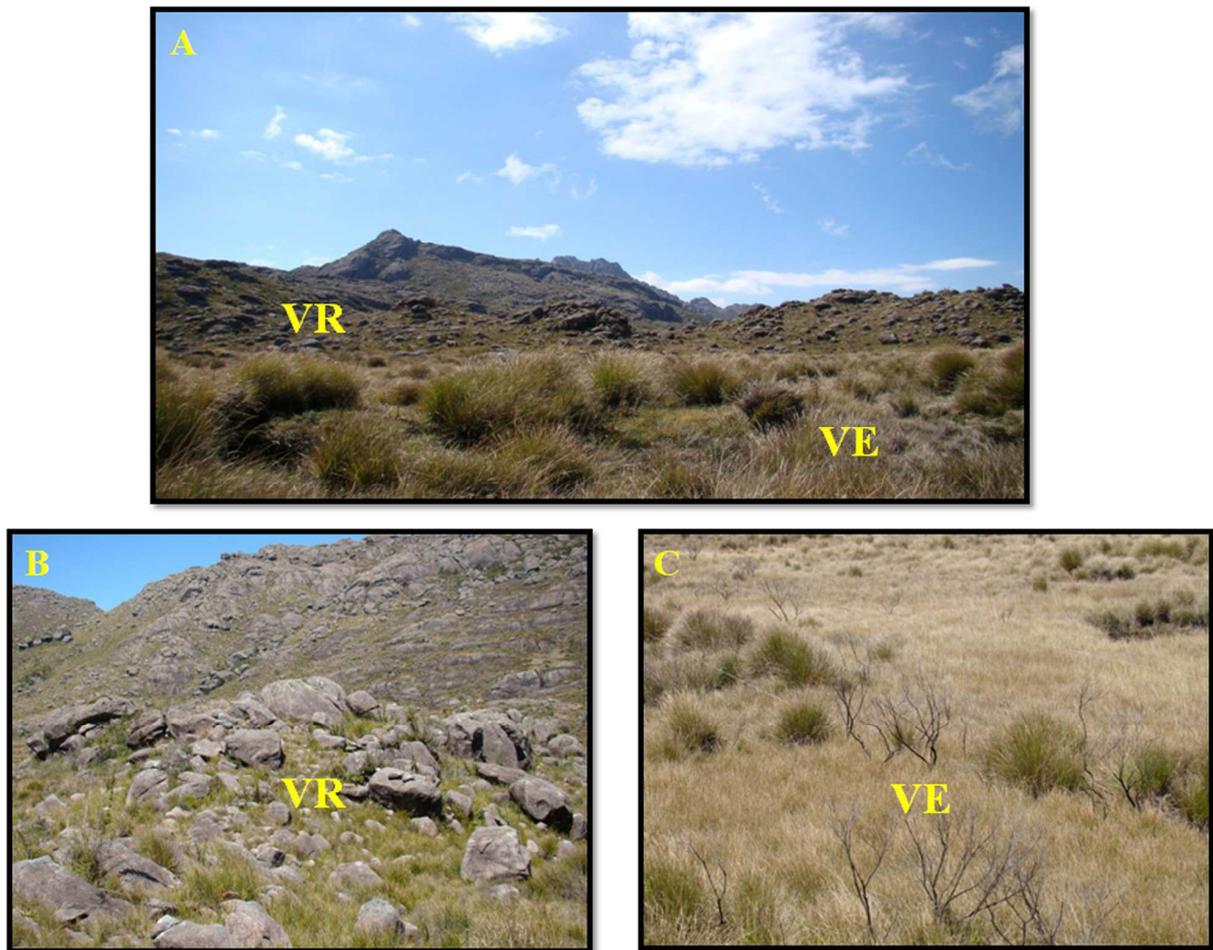


Figura 2 - Visão geral das fisionomias estudadas no Planalto do Itatiaia (A); VR - Vegetação Rupícola (B) e VE - Vegetação Estépica (C).

1.2.2 Amostragem das Formigas

Em cada expedição foram demarcadas seis parcelas, distribuídas aos pares (uma na VE e outra na VR) em três áreas distanciadas por aproximadamente 500m, com cerca de 50 m de distância entre os pares. Cada parcela tinha 20 pontos de amostragem espaçados por 10 m e distribuídos em quatro filas de cinco pontos (grade de 40 x 30 m), totalizando 40 pontos por área (120 pontos por expedição). Para a amostragem das formigas foram utilizadas iscas de sardinha (Figuras 3A e B) nas duas fisionomias, mas as armadilhas de queda (Figura 3C) somente puderam ser instaladas na VE, devido aos afloramentos rochosos na VR; portanto, de cada área foram obtidas 60 amostras (40 de iscas e 20 de armadilhas).

As iscas consistiram em uma porção de 1 cm³ de sardinha conservada em óleo comestível, dispostas sobre um pedaço de papel branco (20x10 cm), oferecida por 60 min no campo. Após a retirada das iscas foram instaladas as armadilhas de queda, com copos plásticos de 300 ml, enterrados até a borda superior no nível do solo, contendo 1/3 de álcool 70% como líquido fixador. Em substituição das armadilhas, na VR foram feitas coletas manuais (Figura 3D) com o auxílio de pinças, em busca ativa sob e sobre as rochas. Para cada área foi estipulado um esforço amostral de quatro homens/hora, em cada uma das três áreas, totalizando 12 amostras por expedição.

1.2.3 Triagem do Material e Identificação

As formigas foram individualizadas em recipientes contendo álcool 70% devidamente etiquetados, com os códigos dos pontos de amostragem e transportadas para o Laboratório de Mirmecologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), onde foram montadas em via seca e identificadas ao nível de gênero, com base na chave de BOLTON (1994), para serem morfoespeciadas. Para as subfamílias de Formicidae foi adotada a classificação BOLTON (2003). As identificações ao nível de espécie foram realizadas, quando possível, através de

chaves contidas em revisões taxonômicas e por meio de comparações com exemplares da Coleção Entomológica Ângelo Moreira da Costa Lima (CECL) da UFRRJ, onde os espécimes coletados foram depositados.



Figura 3 - Ilustração das técnicas de coleta utilizadas. Isca de sardinha na VE (A); Isca de sardinha na VR (B); Armadilha de queda na VE (C) e Coleta manual na VR (D).

1.2.4 Análise dos Dados da Diversidade

A riqueza de formigas em cada fisionomia foi analisada por meio da curva de distribuição de abundância das espécies, que é uma representação gráfica com grande utilização nas áreas de ecologia (COLWELL & CODDINGTON, 1994). A abundância foi calculada a partir do número de ocorrências de cada espécie nas iscas, armadilhas e coleta manual e não pelo número total de indivíduos coletados por ponto de amostragem (ROMERO & JAFFE, 1989; LEAL & LOPES, 1992).

A diversidade de formigas foi comparada confeccionando uma curva de rarefação das espécies (GOTELLI & COLWELL, 2001), com 1000 aleatorizações, utilizando o programa PAST® versão 1.76 (HAMMER *et al.*, 2001).

O método de Renyi para a ordenação gráfica da diversidade foi utilizado para verificar se a diversidade de espécies foi semelhante entre as fisionomias (HILL, 1973). De acordo com o método, quando padrões de diversidade são paralelos uns aos outros a diversidade de espécies pode ser comparada, ou seja, quando as curvas não se cruzam. Mas quando os padrões de diversidade se cruzam, as comparações se tornam impossíveis (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998).

A análise dos fatores ambientais, o efeito da estação e o efeito da fisionomia foram verificados através dos índices de similaridade de Jaccard e Bray-Curtis. As espécies de formigas foram classificadas em guildas seguindo a proposta de SILVA & BRANDÃO (2010).

1.2.5 Análise da Estrutura da Comunidade

O primeiro passo foi preparar uma organização bidimensional (MDS) utilizando o programa estatístico PRIMER 6 (CLARKE & GORLEY, 2006). Os dados que geraram tal organização foram uma matriz binária (presença/ausência) e a dissimilaridade foi calculada pelo índice de Bray–Curtis. Este índice é o mais apropriado porque é menos afetado pelo número de espécies raras nas amostras (KREBS, 1989) e o índice de estresse produzido em escalonamento multidimensional (MDS bidimensional) (CLARKE, 1993).

O segundo passo foi uma análise unidirecional de similaridade (one-way ANOSIM) com 1000 permutações. Esta análise verifica se houve diferenças significativas na composição de espécies entre as fisionomias através da comparação das diferenças entre as médias e entre as amostras dentro dos meses estudados e entre as coletas em fisionomias distintas. Isso resulta em uma análise estatística R, que é a medida de dissimilaridade entre os locais. Valores de R próximos a zero indicam dissimilaridade baixa enquanto os valores de R próximos de um indicam alta dissimilaridade (CLARKE & GREEN, 1988).

O ANOSIN foi calculado usando o índice de similaridade de Bray-Curtis e cada um tem um valor de R e o valor de p correspondente. Finalmente, foi realizado o teste de percentagem de similaridade (SIMPER). Este teste permite a determinação de quais espécies mais contribuem para discriminar entre diferentes agrupamentos (CLARKE, 1993). A análise SIMPER dá a percentagem de dissimilaridade entre locais (fisionomias) e entre os dois meses, apresentando a percentagem de contribuição de cada espécie para essa diferença.

1.3 RESULTADOS

Nas duas expedições foram capturados 2197 indivíduos distribuídos em quatro subfamílias, 11 gêneros e 30 espécies. A subfamília mais rica foi Myrmicinae (16 espécies), seguida por Formicinae (11), Dolichoderinae foi representado por somente duas espécies e Ponerinae por uma. Os gêneros com maior riqueza foram *Camponotus* (7 espécies), *Solenopsis* (6), *Brachymyrmex* e *Pheidole* (ambos com 4 espécies) (Tabela 1). Do total de 384 armadilhas de queda, iscas de sardinha e coletas manuais distribuídas ao longo dos transectos, em 260 (68%) foram encontradas formigas.

As guildas de formigas encontradas no Planalto do Itatiaia foram Predadoras Generalistas Hipogéicas de Tamanho Médio, Espécies Generalistas e Forrageadoras Hipogéicas de Tamanho Pequeno (Tabela 2). Contudo, duas espécies, *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824) e *Crematogaster* sp1 foram excluídas da classificação em guildas por serem estritamente arborícolas mas que eventualmente forrageiam no solo (SILVA & BRANDÃO 2010).

Em ambas as fisionomias as curvas de distribuição de abundância das espécies indicam uma dominância mais marcante de poucas espécies mais abundantes e muitas espécies pouco abundantes. Pode ser observado que as espécies que contribuem para as inclinações diferenciam-se em cada fisionomia (Figura 4).

Pode ser observado que a VR (fisionomia vegetação rupícola) apresentou riqueza de espécies maior que a fisionomia VE (27 e 18 spp, respectivamente). *Linepithema* sp1, *Pheidole* sp1, *Brachymyrmex* sp1, *Camponotus rufipes* e *Brachymyrmex* sp2 foram as espécies mais comuns na amostragem (com 94, 83, 78, 67 e 50% de frequência, respectivamente).

Na VR *Pheidole* sp1, *Linepithema* sp1, *Brachymyrmex* sp1, *Solenopsis* sp1 e *Camponotus rufipes* foram as mais representadas sendo estas cinco espécies que mais contribuíram para a inclinação da curva. Para a VE (vegetação sem rocha) *Linepithema* sp1, *Pheidole* sp1, *Camponotus rufipes*, *Camponotus crassus* e *Brachymyrmex* sp1 foram mais abundantes, contribuindo assim para a inclinação da curva desta fisionomia. *Linepithema* sp1, *Pheidole* sp1 e *Brachymyrmex* sp1 apresentaram maior abundância em ambas as fisionomias.

A curva de rarefação das espécies mostrou que as fisionomias apresentaram diferenças, como é evidenciado pela não sobreposição dos intervalos de confiança (Figura 5).

Segundo o método de ordenação de Renyi a diversidade de espécies de formigas no Planalto do Itatiaia variou entre as duas fisionomias. Na Figura 6, pode ser observado que a VR (vegetação rupícola) é a fisionomia com maior diversidade de espécies de formigas quando comparado com a VE (fisionomia vegetação estépica).

Tabela 1 - Lista das espécies de formigas coletadas no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 (Set) e Abril/2010 (Abr), com os números de registro na amostragem.

Subfamílias/ Espécies	VE (Vegetação Estépica)				VR (Vegetação Rupícola)				Total
	Isca		Armadilha		Isca		Manuais		
	Set	Abr	Set	Abr	Set	Abr	Set	Abr	
Dolichoderinae									
<i>Linepithema</i> sp1	29	18	29	22	15	12	1	0	126
<i>Linepithema</i> sp2	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Formicinae									
<i>Brachymyrmex</i> sp1	4	7	1	11	11	4	11	1	50
<i>Brachymyrmex</i> sp2	2	1	3	1	6	1	1	1	16
<i>Brachymyrmex</i> sp3	1	0	2	0	1	0	0	9	13
<i>Brachymyrmex</i> sp4	1	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	0	0	5	9	15	0	1	3	33
<i>Camponotus rufipes</i> Fabricius, 1775	3	5	15	12	15	0	2	8	60
<i>Camponotus</i> sp3	0	0	6	6	0	0	0	0	12
<i>Camponotus</i> sp4	0	0	4	0	3	0	0	2	9
<i>Camponotus</i> sp5	0	0	0	0	4	1	1	4	10
<i>Camponotus</i> sp6	0	0	4	0	0	0	0	0	4
<i>Camponotus</i> sp7	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Myrmicinae									
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	0	4	0	0	0	0	0	0	4
<i>Crematogaster</i> sp1	0	0	0	0	0	4	0	0	4
<i>Oxyepoecus</i> sp1	7	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Pheidole</i> sp1	9	5	2	27	13	21	1	6	84
<i>Pheidole</i> sp2	0	0	0	0	4	0	0	1	5

Continua...

Tabela 1 – Continuação.

Subfamílias/ Espécies	VE (Vegetação Estépica)				VR (Vegetação Rupícola)				Total
	Isca		Armadilha		Isca		Manuais		
	Set	Abr	Set	Abr	Set	Abr	Set	Abr	
<i>Pheidole</i> sp3	0	0	0	0	9	0	0	0	9
<i>Pheidole</i> sp4	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Rogeria</i> sp1	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Rogeria</i> sp2	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Solenopsis</i> sp1	0	0	0	0	7	13	1	2	23
<i>Solenopsis</i> sp2	0	1	0	0	4	3	0	0	8
<i>Solenopsis</i> sp3	0	0	0	0	3	0	0	0	3
<i>Solenopsis</i> sp4	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Solenopsis</i> sp5	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Solenopsis</i> sp6	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Wasmannia</i> sp1	0	0	0	0	3	1	0	0	4
Ponerinae									
<i>Hypoponera</i> sp1	0	0	1	0	0	0	0	0	1

Tabela 2 - Classificação das formigas em guildas no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil, com base em SILVA & BRANDÃO (2010).

Guildas	Espécies
Guilda 3 = Predadoras Generalistas Hipogéicas de Tamanho Médio (PGHTM)	<i>Hypoponera</i> sp1 <i>Rogeria</i> sp1 <i>Rogeria</i> sp2
Guilda 6 = Espécies Generalistas (EG)	<i>Brachymyrmex</i> sp1 <i>Brachymyrmex</i> sp2 <i>Brachymyrmex</i> sp3 <i>Brachymyrmex</i> sp4 <i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862 <i>Camponotus rufipes</i> Fabricius, 1775 <i>Camponotus</i> sp3 <i>Camponotus</i> sp4 <i>Camponotus</i> sp5 <i>Camponotus</i> sp6 <i>Camponotus</i> sp7 <i>Linepithema</i> sp1 <i>Linepithema</i> sp2 <i>Oxyepoecus</i> sp1 <i>Pheidole</i> sp1 <i>Pheidole</i> sp2 <i>Pheidole</i> sp3 <i>Pheidole</i> sp4 <i>Wasmannia</i> sp1
Guilda 8 = Forrageadoras Hipogéicas de Tamanho Pequeno (FHTP)	<i>Solenopsis</i> sp1 <i>Solenopsis</i> sp2 <i>Solenopsis</i> sp3 <i>Solenopsis</i> sp4 <i>Solenopsis</i> sp5 <i>Solenopsis</i> sp6

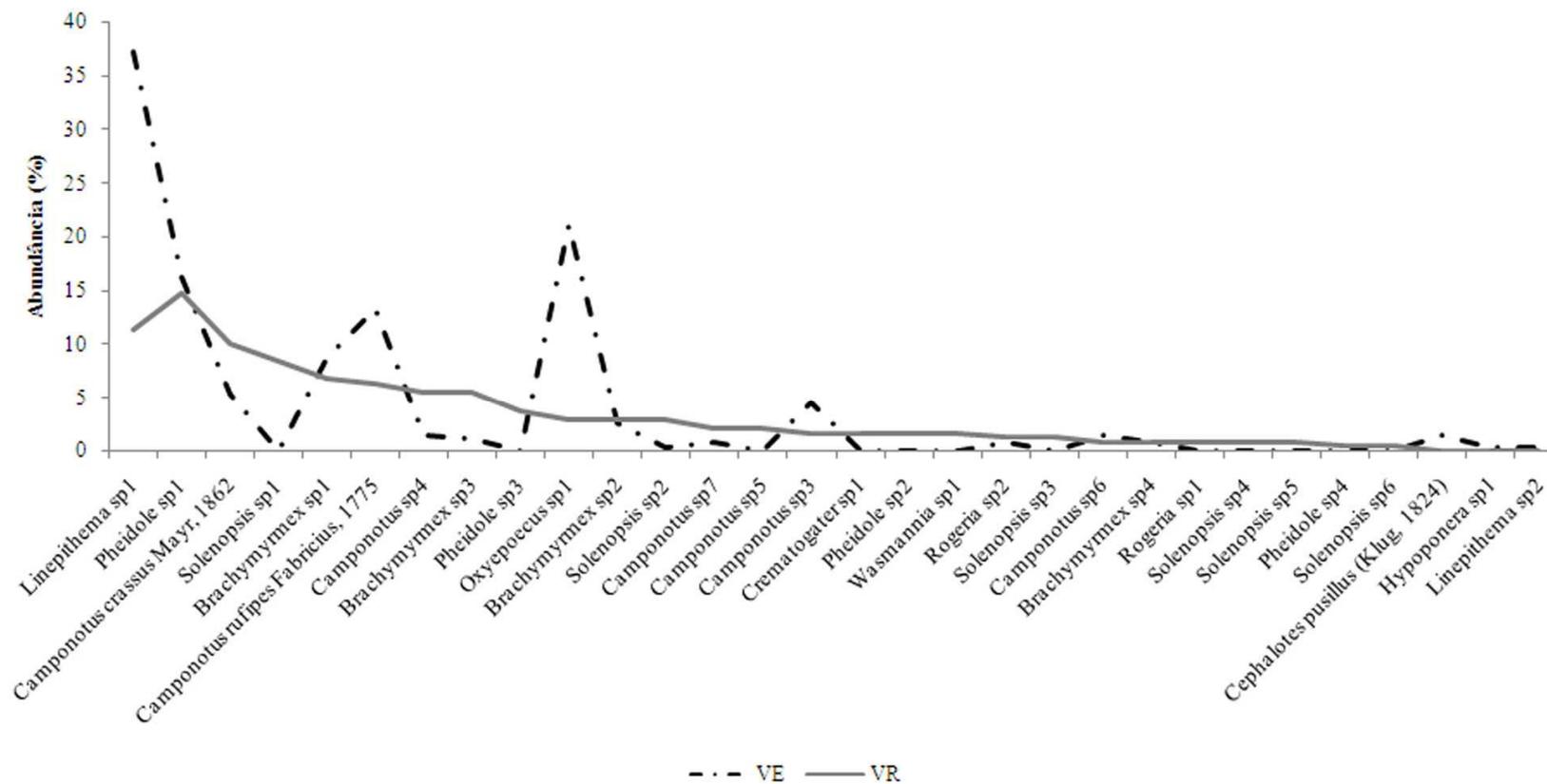


Figura 4 – Curva de distribuição de abundância das espécies de formigas para as duas fisionomias (Vegetação Estépica - VE e Vegetação Rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010.

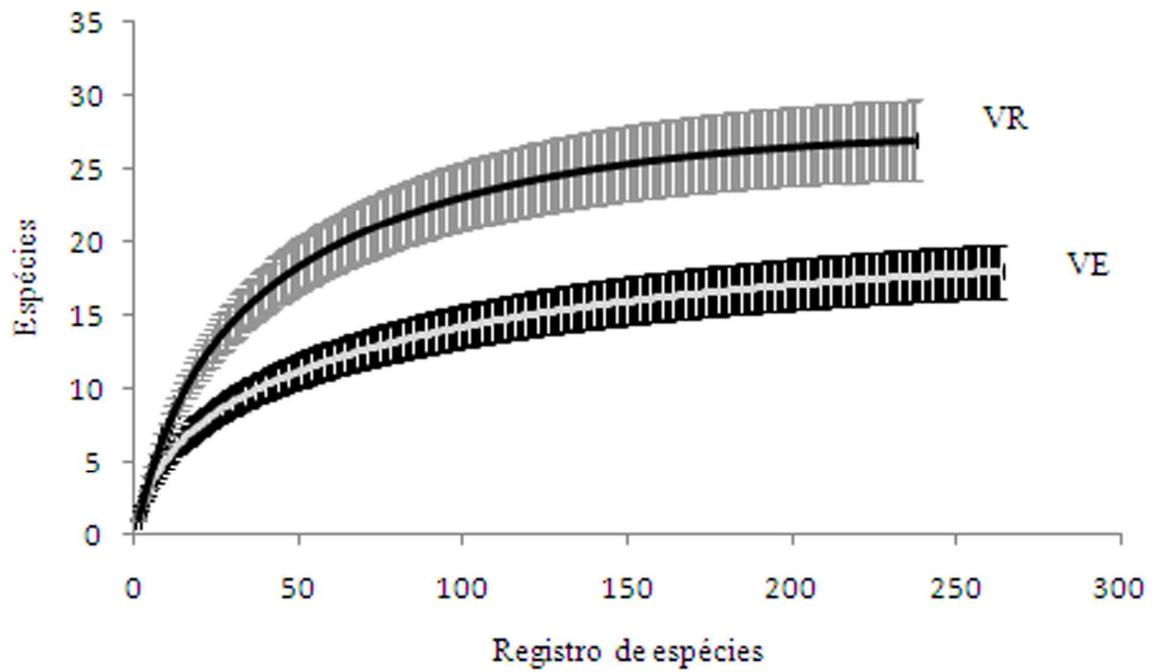


Figura 5 – Curvas de rarefação de espécies de formigas para as duas fisionomias (Vegetação Estépica - VE e Vegetação Rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010.

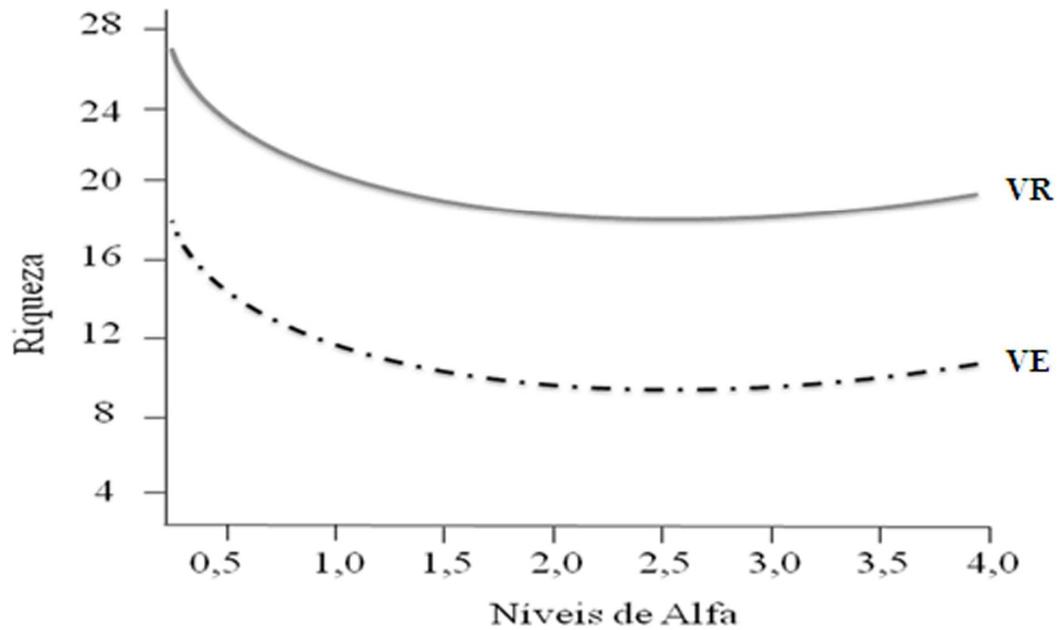


Figura 6 – Série de Renyi para espécies de formigas de duas fisionomias (Vegetação Estépica - VE e Vegetação Rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010.

1.3.1 Efeito da Época de cada Expedição

O índice de Jaccard mostrou que 77% das espécies foram comuns em ambas as expedições, tanto na VE quanto na VR (33%). Visto que o índice de Bray-Curtis confirma que VR (vegetação rupícola) foi 39% dissimilar da VE (Tabela 3).

Tabela 3 – Índice de Bray-Curtis (BC) e Índice de Jaccard (JC) comparando as duas épocas de cada expedição (vegetação estépica - VE e vegetação rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010.

	VR_{setembro}	VE_{setembro}
VR_{abril}	38,82% BC 77,33% JC	0
VE_{abril}	0	15,34% BC 33,32% JC

1.3.2 Efeito do ambiente

As fisionomias VE e VR apresentam 48,10% de similaridade, pelo índice de Jaccard, enquanto o índice de Bray-Curtis indicou que o mês de setembro possui várias espécies pouco abundantes e em abril há poucas espécies com maior abundância de indivíduos, denotando que as duas fisionomias são 26,61% dissimilares (Tabela 4).

Tabela 4 – Índice de Bray-Curtis (BC) e Índice de Jaccard (JC) comparando as duas fisionomias (vegetação estépica - VE e vegetação rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010.

	VR_{setembr}	VR_{abril}
VE_{setembro}	26,61% BC 48,10%	0
VE_{abril}	0	49,84% BC 42,31% JC

Quanto à riqueza, o índice de Margalef (α) indica que com a utilização das iscas de sardinha na VE foi obtida maior riqueza de espécies e de gêneros em setembro (Tabela 5). Entretanto, com a utilização das armadilhas de queda na VE não houve uma clara diferença entre os dois meses, tanto para as espécies quanto para os gêneros (Tabela 6). A utilização de iscas sardinha na VR comprova que há um ligeiro aumento da riqueza de espécies e gêneros em setembro (Tabela 7). Para as coletas manuais na VR houve maiores diferenças entre os meses, sendo setembro o de maior riqueza (Tabela 8).

Tabela 5 - Subfamílias amostradas com iscas de sardinha na Fisionomia I (vegetação estépica - VE) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010.

Subfamílias	Iscas (VE)			
	Setembro		Abril	
	Gêneros	Espécies	Gêneros	Espécies
Dolichoderinae	1	1	1	1
Formicinae	2	5	2	3
Mymicinae	3	3	3	3
Total	6	9	6	7
Riqueza de Margalef (α)	1,12	0,91	1,11	1,02

Tabela 6 - Subfamílias amostradas com armadilhas de queda na Fisionomia I (vegetação estépica - VE) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010.

Subfamílias	Armadilha de queda (VE)			
	Setembro		Abril	
	Gêneros	Espécies	Gêneros	Espécies
Dolichoderinae	1	1	1	2
Formicinae	2	10	2	5
Mymicinae	1	1	1	1
Ponerinae	1	1	0	0
Total	5	13	4	8
Riqueza de Margalef (α)	1,86	1,17	1,44	0,96

Tabela 7 - Subfamílias amostradas com iscas de sardinha na Fisionomia II (vegetação rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010.

Subfamílias	Isca (VR)			
	Setembro		Abril	
	Gêneros	Espécies	Gêneros	Espécies
Dolichoderinae	1	1	1	1
Formicinae	2	7	2	3
Mymicinae	4	12	4	5
Total	7	20	7	9
Riqueza de Margalef (α)	1,03	0,67	1,02	0,91

Tabela 8 - Subfamílias amostradas com coletas manuais na Fisionomia II (vegetação rupícola - VR) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010.

Subfamílias	Coletas manuais (VR)			
	Setembro		Abril	
	Gêneros	Espécies	Gêneros	Espécies
Dolichoderinae	1	1	0	0
Formicinae	2	5	2	7
Mymicinae	2	2	2	3
Total	5	8	4	10
Riqueza de Margalef (α)	1,24	0,96	0,72	0,43

1.3.3 Estrutura da Comunidade

1.3.3.1 Influência das Fisionomias na Formicifauna

Através da análise de escalonamento multidimensional (MDS bidimensional) foi verificado que os dados ficaram agrupados segundo as amostras, sugerindo que a formicifauna são distintas entre as fisionomias vegetação estépica e vegetação rupícola. O valor do estresse da ordenação do MDS foi de 0,21 (Figura 7).

A composição de espécies de formigas diferiu entre as fisionomias (ANOSIM, $R = 0,573$, $p = 0,1\%$, Figura 7).

As espécies de formigas que mais contribuíram para a dissimilaridade indicado pelo SIMPER para as duas fisionomias combinadas são apresentados na Tabela 9. As primeiras nove espécies constantes nesta tabela determinaram mais de 50% da dissimilaridade entre as fisionomias.

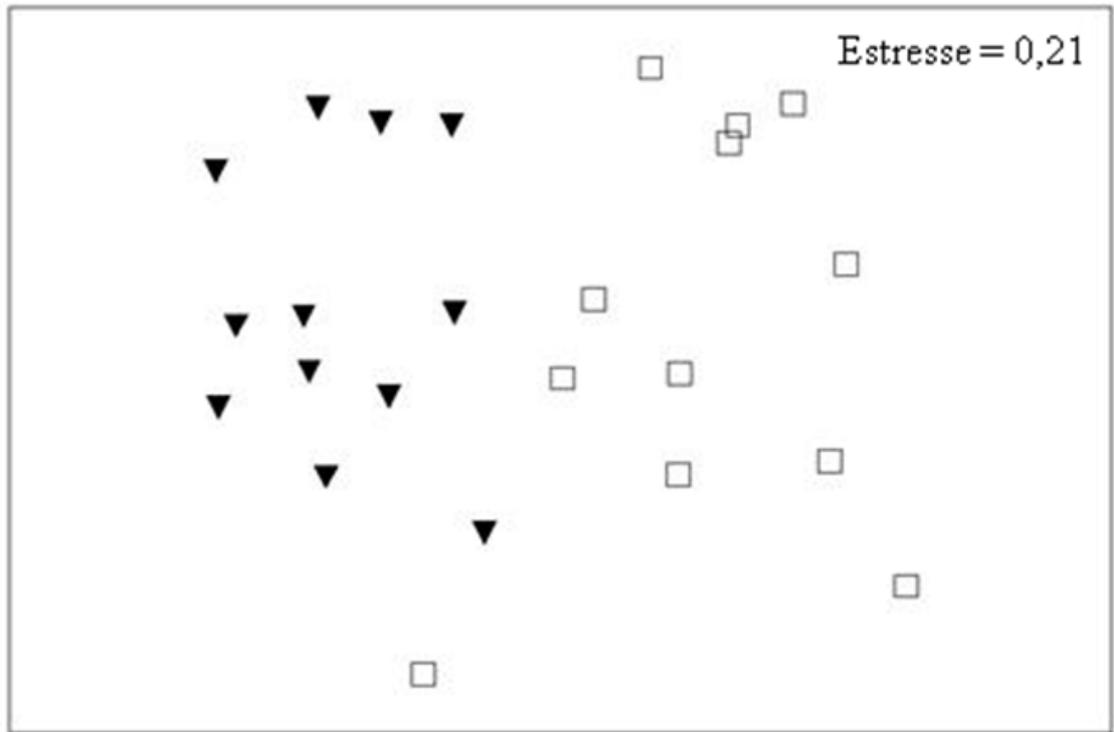


Figura 7 – Ordenação resultante da análise das espécies de formigas através do escalonamento multidimensional (MDS bidimensional) na composição de espécies de formigas em duas fisionomias do Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Vegetação Estépica (triângulos pretos invertidos) e Vegetação Rupícola (quadrados brancos).

Tabela 9 - Análise de dissimilaridade de porcentagens (SIMPER) entre as espécies de formigas nas fisionomias vegetação estépica e vegetação rupícola, no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010.

Vegetação Estépica e Vegetação Rupícola	
Dissimilaridade Média (%)	55,57
Espécies	Contribuição (%)
<i>Solenopsis</i> sp1	8,65
<i>Brachymyrmex</i> sp3	6,93
<i>Camponotus</i> sp5	6,66
<i>Brachymyrmex</i> sp2	6,04
<i>Camponotus crassus</i>	5,98
<i>Camponotus</i> sp3	5,39
<i>Camponotus rufipes</i>	5,35
<i>Solenopsis</i> sp2	4,81
<i>Brachymyrmex</i> sp1	4,62
<i>Pheidole</i> sp3	4,44
<i>Pheidole</i> sp2	4,34
<i>Wasmania</i> sp1	4,31
<i>Camponotus</i> sp4	4,27
<i>Oxyepoecus</i> sp1	4,27
<i>Rogeria</i> sp2	2,95
<i>Camponotus</i> sp6	2,59
<i>Linepithema</i> sp1	2,26
<i>Camponotus</i> sp7	1,86
<i>Brachymyrmex</i> sp4	1,55
<i>Rogeria</i> sp1	1,52
<i>Solenopsis</i> sp3	1,44
<i>Pheidole</i> sp1	1,27

1.3.3.2 Influência entre os meses na Fisionomia Vegetação Estépica

A análise de MDS distribuiu o conjunto dos dados na VE de maneira mais homogênea para os dois meses, indicando uma sensível similaridade entre eles. No entanto, o valor do estresse da ordenação do MDS foi de 0,11 (Figura 8).

A formicifauna não diferiu entre os dois meses na fisionomia vegetação estépica – VE (ANOSIM, R global = 0,32; p = 2,41%).

Na Tabela 13 estão às espécies de formigas que mais contribuíram para a dissimilaridade indicado pelo SIMPER para a VE entre os meses de setembro e abril. Apenas seis espécies foram responsáveis por mais de 50% da dissimilaridade entre os dois meses (Tabela 10).

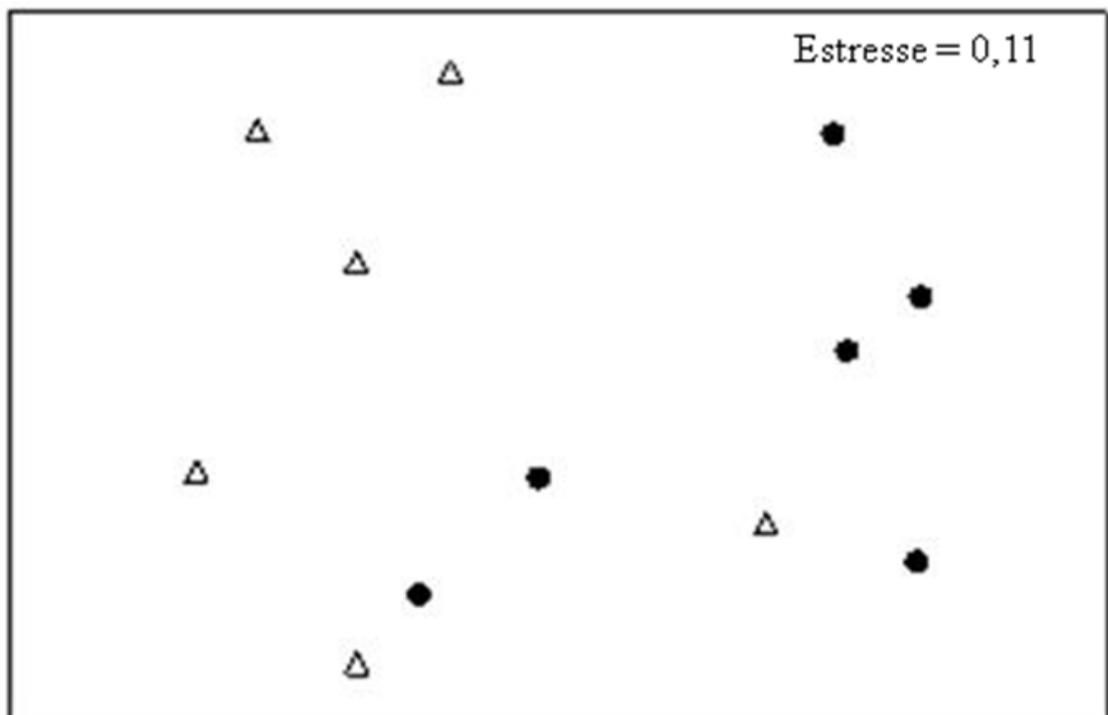


Figura 8 – Ordenação resultante da análise das espécies de formigas através do escalonamento multidimensional (MDS bidimensional) na fisionomia vegetação estépica entre os meses, no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 (triângulos brancos) e Abril/2010 (círculos pretos).

Tabela 10 - Análise de dissimilaridade de porcentagens (SIMPER) entre as espécies de formigas na fisionomia vegetação estépica, nos dois meses, no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 e Abril/2010.

Vegetação Estépica	
	42,06
Dissimilaridade Média (%)	
Espécies	Contribuição %
<i>Oxyepoecus</i> sp1	10,72
<i>Brachymyrmex</i> sp2	10,25
<i>Camponotus</i> sp3	8,61
<i>Camponotus crassus</i>	8,49
<i>Brachymyrmex</i> sp1	8,39
<i>Camponotus</i> sp6	7,91
<i>Rogeria</i> sp2	6,56
<i>Camponotus</i> sp7	5,95
<i>Brachymyrmex</i> sp3	5,06
<i>Brachymyrmex</i> sp4	4,77
<i>Camponotus</i> sp4	4,77
<i>Camponotus rufipes</i>	2,98
<i>Linepithema</i> sp2	2,77
<i>Solenopsis</i> sp2	2,77

1.3.3.3 Influência entre os meses na Fisionomia Vegetação Rupícola

Através da análise de MDS, o conjunto de dados para as coletas de formigas na fisionomia vegetação rupícola ficaram agrupadas sugerindo diferenças na estrutura da formicifauna. O valor do estresse foi de 0,13 (Figura 9).

A comunidade de formigas foi diferenciada entre as épocas de expedição na fisionomia vegetação rupícola – VR (ANOSIM, R global = 0,52; p = 0,41%; Tabela 11).

O total de formigas que contribuíram para a diferença entre os meses na VR, com apenas sete espécies foi possível determinar mais de 50% da similaridade entre os meses para esta fisionomia. O total de espécies de formigas que contribuíram para a dissimilaridade, indicada pelo SIMPER, para as duas fisionomias conjugadas é apresentado na Tabela 11.

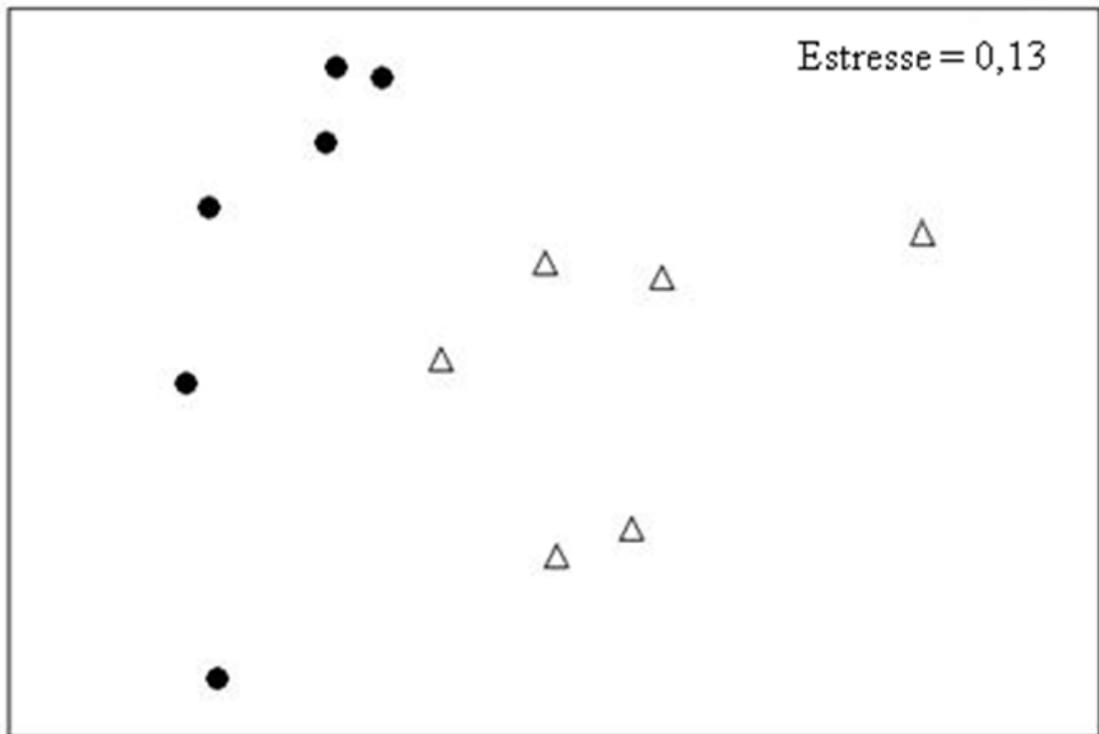


Figura 9 – Ordenação resultante da análise das espécies de formigas através do escalonamento multidimensional não métrico (MDS bidimensional) na fisionomia vegetação rupícola, entre os meses, no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/2009 (triângulos brancos) e Abril/2010 (círculos pretos).

Tabela 11 - Análise de dissimilaridade de porcentagens (SIMPER) entre as espécies de formigas na fisionomia vegetação rupícola, no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. Setembro/ 2009 e abril/ 2010.

Setembro – Abril	
Vegetação Rupícola	
Dissimilaridade média (%)	51,51
Espécies	Contribuição (%)
<i>Brachymyrmex</i> sp3	9,59
<i>Camponotus rufipes</i>	9,39
<i>Pheidole</i> sp3	9,34
<i>Pheidole</i> sp2	6,37
<i>Wasmannia</i> sp1	6,32
<i>Camponotus</i> sp5	5,91
<i>Camponotus crassus</i>	5,73
<i>Brachymyrmex</i> sp2	5,67
<i>Solenopsis</i> sp2	5,67
<i>Camponotus</i> sp4	4,93
<i>Solenopsis</i> sp1	4,76
<i>Linepithema</i> sp1	4,01
<i>Brachymyrmex</i> sp1	3,82
<i>Rogeria</i> sp1	3,22
<i>Solenopsis</i> sp3	3,05
<i>Pheidole</i> sp1	2,64
<i>Solenopsis</i> sp5	1,62

1.4 DISCUSSÃO

1.4.1 Diversidade e Riqueza

Este trabalho é o primeiro inventário da formicifauna em campos de altitude no Brasil, em cotas altimétricas superiores a 2000 m de altitude. A riqueza de espécies de formigas encontrada foi semelhante a outros ecossistemas altiplanos como nos “Tepuis” da Venezuela (JAFFE *et al.*, 1993), nos campos rupestres da Bahia (SOARES *et al.*, 2003) e no Planalto das Araucárias do Rio Grande do Sul (ALBUQUERQUE & DIEHL, 2009). Porém, observamos uma menor diversidade do que a encontrada em outros ambientes abertos, como em restingas (VARGAS *et al.*, 2007; CARDOSO *et al.*, 2010), manguezal (DELABIE *et al.*, 2006), cerrado (CAMPOS *et al.*, 2008), caatinga (LEAL, 2002; 2003) e savanas (PEIXOTO *et al.*, 2010).

Por outro lado, na maioria dos ecossistemas fechados (florestados) do bioma Mata Atlântica, como por exemplo, em floresta semidecidual montana (SANTOS, 2006), restinga (LEAL & LOPES, 1992, LEAL *et al.*, 1993; VARGAS *et al.* 2007; CARDOSO *et al.*, 2010), floresta ombrófila densa (VEIGA-FERREIRA *et al.*, 2005; BIEBER *et al.*, 2006; SCHÜTTE *et al.*, 2007), e também no bioma da Floresta Amazônica (BENSON & HARADA, 1988; VASCONCELOS, 1999) as maiores riquezas de espécies por subfamílias são observados em Myrmicinae seguida por Ponerinae. Nos ecossistemas abertos (não florestados) os padrões de riqueza ao nível de subfamília mudam para Myrmicinae seguida por Formicinae, que pode chegar a apresentar uma riqueza em espécies próxima de Myrmicinae, como por exemplo, no bioma do cerrado (CAMPOS *et al.*, 2008), em manguezais (DELABIE *et al.* 2006), no bioma da caatinga (LEAL 2003); em ecossistemas de savanas (PEIXOTO *et al.*, 2010) assim como nos ecossistemas altiplanos (JAFFE *et al.*, 1993; SOARES *et al.* 2003; ALBUQUERQUE & DIEHL, 2009) corroborando os resultados do Planalto do Itatiaia.

Estes resultados podem estar associados à preferência por alguns gêneros de Ponerinae por áreas florestadas ricas em serapilheira, com maior oferta de pequenos artrópodes como presas e maiores taxas de umidade (HÖLLDOLER & WILSON, 1990). Por outro lado, a baixa

representatividade de Ponerinae provavelmente se deve ao fato de forragearem solitariamente e por nidificarem em ninhos subterrâneos o que dificultaria sua nidificação na VR que apresenta diversos afloramentos rochosos (SILVESTRE *et al.*, 2003). Também são geralmente predadores ou necrófagos justificando a ausência desta subfamília nas iscas de sardinha. De acordo com ROMERO & JAFFE (1989), as espécies de Ponerinae apresentam baixas frequências em ambientes de savanas, o que pode ser devido ao comportamento generalista observado para a maioria das espécies (DELABIE *et al.*, 2000; SILVA & BRANDÃO, 2010).

As subfamílias mais ricas foram Myrmicinae e Formicinae, tanto em número de gêneros quanto em número de espécies, seguida por Dolichoderinae e Ponerinae. Estes resultados refletem a diversidade geral dos diferentes grupos de formigas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; BOLTON, 1994; 2003). Gêneros de Formicinae podem nidificar no solo e basear sua dieta em líquidos provenientes de plantas (LAPOLA *et al.*, 2003; LONGINO, 2010) o que pode justificar a maior riqueza de formicineos em ambientes abertos.

O gênero *Pheidole* que foi registrado nas duas fisionomias, possivelmente devido aos hábitos diversificados de suas espécies, tornando este gênero tolerante às condições severas do ambiente (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). As formigas do gênero *Solenopsis* apresentam características agressivas e são frequentes em ambientes abertos, com alta incidência de luz solar (LONGINO, 2010). Este gênero também se adapta bem a áreas inundadas (LITSINGER *et al.*, 1986), justificando a riqueza e abundância de *Solenopsis* verificadas no Planalto do Itatiaia.

A baixa ocorrência de *Crematogaster* em nossos resultados pode estar relacionada ao fato deste gênero ser mais diversificado em ambientes fechados (florestados) (LOPES & LEAL 1991; CORRÊA *et al.*, 2006). No entanto, a ocorrência deste gênero no Planalto do Itatiaia pode ser explicada pela sua ampla distribuição geográfica (WILSON, 1976). Estes insetos também estão associados à vegetação (WILSON, 1976; LONGINO, 2003) e frequentemente associados às bromélias (BROWN, 1973; FERNÁNDEZ, 2003), uma família botânica bastante frequente nos campos de altitude (POREMBSKI *et al.*, 1998).

A alta abundância e dominância de *Camponotus crassus* no Planalto do Itatiaia confirmam os resultados de JAFFE *et al.*, (1993) e SOARES (2003), afirmando que estas espécies são melhor encontrados em ambientes severos. A grande representatividade de

Brachymyrmex se deve ao fato de forragearem no solo e na vegetação e parecem sensíveis às modificações do seu habitat (DELABIE *et al.*, 2000). LUTINSKI *et al.* (2008) verificaram que espécies da subfamília Dolichoderinae como *Linepithema* podem ser encontradas em ambientes bem preservados, justificando assim os respectivos registros neste estudo.

A riqueza de espécies de formigas coletadas no Planalto do Itatiaia foi comparativamente menor do que a riqueza encontrada em outros ecossistemas da Mata Atlântica (VARGAS *et al.*, 2007; SHÜTTE *et al.*, 2007; VEIGA-FERREIRA *et al.*, 2005).

Os resultados deste trabalho corroboram a hipótese da relação inversa entre a riqueza e a altitude (TERBORG & WESKE, 1975) que pode ser causada por um conjunto diversificado de fatores, tais como diminuição da complexidade da vegetação e conseqüentemente, a redução da estrutura, em área de habitat. Os campos de altitude do Planalto do Itatiaia possuem forte redução na área com árvores e arbustos esparsos (GIULIETTI & PIRANI, 1988; MEGURO *et al.*, 1996 a; b). Esta diminuição da disponibilidade de recursos em grandes altitudes tem sido comumente relatada como a causa para a baixa diversidade de espécies (MACARTHUR & WILSON, 1967).

Embora o Planalto do Itatiaia esteja inserido em área tropical, apresenta um clima severo, com baixas temperaturas e alta insolação (SAFFORD, 1999b). Certamente estas condições funcionam como um fator limitante para a formicifauna reduzindo sua riqueza em espécies. Na VR foram encontradas as maiores riqueza, abundância e diversidade de formigas, este resultado, pode estar relacionado com a maior heterogeneidade das ilhas de vegetação desta fisionomia e porque as rochas ficam mais expostas ao calor e a luminosidade (LARSON *et al.*, 2000; RIBEIRO *et al.*, 2007).

1.4.2 Estrutura da Comunidade

1.4.2.1 Efeito das fisionomias sobre a formicifauna

Nossos dados confirmam a predição de que os dois habitats comportam duas comunidades de formigas distintas. Nove espécies contribuíram mais de 50% da diferença entre as fisionomias e *Solenopsis* sp1 foi a espécie que melhor explicou as diferenças entre os habitats. *Brachymyrmex* sp3, *Camponotus* sp5 e *Brachymyrmex* sp2 apontaram uma tendência semelhante com maior prevalência na VR. Estes resultados estão relacionados com a classificação em guildas de SILVA & BRANDÃO (2010), pois estas espécies apresentam comportamento generalista e são comuns em áreas abertas (DELABIE *et al.* 2006; CORRÊA *et al.*, 2006).

Vários outros estudos também constataram diferenças na composição de espécies de formigas entre diferentes tipos de ambientes (LASSAU & HOCHULI, 2004; LASSAU *et al.*, 2005; HILL *et al.*, 2008; BARROW & PARR, 2008; CARDOSO *et al.*, 2010), o que pode ser devido à competição interespecífica negativa entre formigas consideradas dominantes e que não toleram o calor (RETANA & CERDÁ, 2000). Por outro lado, alguns autores relacionam esta distinção com a partição de nicho temporal devido à preferência por determinados microclimas (KRONFELD-SCHOR & DAYAN, 2003).

A VR proporcionou habitats aptos as exigências de forrageamento e nidificação da maioria das espécies. Portanto, nosso estudo apresenta a importância das fisionomias na determinação da composição das espécies de formigas em escala local. Os nossos dados corroboram com os resultados de CARDOSO *et al.*, (2010) em restingas por ser um ambiente aberto assim como os campos de altitude. Por outro lado, mais estudos sobre a composição de comunidades de formigas em áreas abertas são necessários principalmente em campos de altitude.

1.4.2.2 Influência das épocas das expedições sobre a formicifauna

A predição proposta da relação entre a influência dos meses (setembro e abril) nas fisionomias sugeriu diferença entre as fisionomias, indicando que o mês de setembro obteve-se maior riqueza.

Outros estudos que avaliaram a variação da comunidade de formigas em épocas diferentes do ano também encontraram maior diferenciação entre os períodos mais quente e o mais frio (VARGAS *et al.*, 2007; RODRIGUES *et al.*, 2008). *Oxyepoecus* sp1, *Brachymyrmex* sp2 e *Camponotus* sp3 na VE e *Brachymyrmex* sp3, *Camponotus rufipes* e *Pheidole* sp3 na VR foram às espécies que melhor explicaram as diferenças entre as épocas de coleta. Estes resultados são difíceis de discutir porque os pesquisadores que trabalharam em ecossistemas parecidos com os campos de altitude não avaliaram a estrutura de comunidades (JAFFE *et al.*, 1993; SOARES *et al.*, 2003; ARAÚJO & FERNANDES, 2003).

Esta diferença entre as expedições podem estar relacionados com os diferentes graus de termofilia das espécies de formigas (BESTELMEYER, 2000). Ou ainda, pode ter sido o efeito da pequena diferença climática encontrada nos campos de altitude do Itatiaia (SAFFORD, 1999 a; b) entre os períodos de coleta, uma vez que para esse estudo só foi possível realizar as coletas de formigas em setembro e abril.

1.5 CONCLUSÕES

- A diversidade de formigas no Planalto do Itatiaia é semelhante aos Campos Rupestres, “Tepuis” e ao Planalto das Araucárias apesar das condições severas encontradas neste ecossistema.
- A VE revela que em setembro há várias espécies pouco abundantes e em abril poucas espécies com maior abundância de indivíduos.
- A estrutura das comunidades de formigas diferiu entre as fisionomias (VE e VR), também houve maior diferença para a VR entre as duas épocas de coleta, do que para a VE.
- Nos ambientes analisados, dos nove nichos possíveis representados pelas guildas, apenas três foram ocupados pelas formigas.
- Mais estudos sobre a estrutura de comunidades de formigas em áreas abertas são necessários principalmente em campos de altitude, utilizando-se outras metodologias de coletas para a determinação mais precisa do padrão de riqueza das subfamílias e para a compreensão deste ecossistema.

1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, E. Z.; DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, p. 398-403, 2009.

ANDERSEN, A. N. Using Ants as bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology. **Conservation Ecology**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 1997.

ARAÚJO, L. M. & FERNANDES, G. W. Altitudinal patterns in a tropical ant assemblage and variation in species richness between habitats. **Lundiana**, v. 4, n.2, p.103-109, 2003.

BARROW, L. & PARR, C. L. A preliminary investigation of temporal patterns in semiarid ant communities: variation with habitat type. **Austral Ecology**, v. 33, p. 653-662, 2008.

BENSON, W. & A. Y. HARADA. Local diversity of tropical and temperate ant faunas (Hymenoptera, Formicidae). **Acta Amazonica** v. 18, p. 275–289, 1988.

BESTELMEYER, B. The trade-off between thermal tolerance and behavioural dominance in a subtropical South American ant community. **Journal Animal Ecology**, v. 69, p. 998-1009, 2000.

BHARTI, H. Altitudinal Diversity of Ants in Himalayan Regions (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 52, n. 2, p. 42 – 56, 2008.

BIEBER, A. G. D.; DARRAULT, O. P. G.; RAMOS, C.C.; SILVA, K. K. M. & LEAL, I. R. Formigas, p.257-275. In: K. Pôrto, M. Tabarelli & J. Almeida-Cortez (eds.), **Composição, riqueza e diversidade de espécies do Centro de Endemismo Pernambuco**. Recife, Editora Universitária da UFPE, 363p., 2006.

BOLTON, B. **Identification guide to the ant genera of the world**. Cambridge: Harvard University Press, 222 p., 1994.

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

BROWN, W. A comparison of the Hylean and Congo-West Africa rain forest and faunas. In: Muggers, Ayensy and Duckworth (Eds). **Tropical forest ecosystems in Africa and South-America**, p. 161-185, 1973.

BRADE, A. C. A flora do Parque Nacional do Itatiaia. **Boletim do Parque Nacional do Itatiaia**, v. 5, p. 1-112, 1956.

BRÜHL, C. A.; MOHAMED, M. & LINSENMAIR, K. E. Altitudinal distribution of leaf litter ants along a transect in primary forests on Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 15, p. 265-277, 1999.

CAMPOS, C. A.; ARAUJO, M. S.; CABRAL, P.I.D.; LIMA, R.; BACCI, L. & OLIVEIRA, M.A. Comunidade de formigas associadas ao pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) em fragmento de Cerrado Goiano. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 57, p. 39-44, 2008.

CARDOSO, D. C.; SOBRINHO, T. G. & SCHOEREDER, J. H. Ant community composition and its relationships with phytophysiognomies in a Brazilian Restinga. **Insectes Sociaux**, v. 57, p. 293-301, 2010.

CLARKE K. R. Nonparametric multivariate analyses of changes in community structure. **Austral Journal Ecology**, v. 18, p. 117-143, 1993.

CLARKE, K. R. & GORLEY, R. N. **Primer v6: user manual/tutorial**. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. 2006.

CLARKE, K. R. & GREEN, R. H. Statistical design and analysis for a biological effects study. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 46, p. 213-226, 1988.

COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical transactions of the Royal Society (Series B)**, v. 345, p. 101- 118, 1994.

CORRÊA, M. M.; FERNANDES, W. D.; LEAL, I. R. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal Sul Matogrossense: relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 724-730, 2006.

DELABIE, J.H.C., D. AGOSTI & I.C. DO NASCIMENTO. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: D.AGOSTI, J.D. MAJER, L. ALONSO & T. SCHULTZ (eds). **Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests**. (S. 1.): school of Environmental Biology, (Bulletin,18). 2000.

DELABIE, J. H. C.; PAIM, V. R. L. M.; NASCIMENTO, I. C.; CAMPIOLO, S. & MARIANO, C. S. F. As formigas como indicadores biológicos do impacto humano em manguezais da costa sudeste da Bahia. **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 602-615, 2006.

FERNÁNDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Bogotá, Colombia: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, 418p., 2003.

FITKAU, E. J. & KLINGE, H. On biomass and trophic structure of the central Amazonian Rain Forest ecosystem. **Biotropica**, v. 5, p. 2 – 14, 1973.

FOWLER, R. H.; FOWLER, W.A. L. & BRADLEY, A. W. **Integrating query, thesaurus, and documents through a common visual representation**. In Proceedings of the 14th Annual International ACM/SIGIR Conference, 142-151, Chicago. 1991.

GILLER, P.S. **Community Structure and Niche**. London, Chapman & Hall, 176p. 1984.

GIULIETTI, A. M. & PIRANI, J. R. **Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil**. In Proceedings of a workshop on

Neotropical Distribution Patterns (W.R.Heyer & P.E.Vanzolini, eds.). Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, p.39-69, 1988.

GOTELLI, N.J. & COLWELL, R.K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, v. 4, p. 379-391, 2001.

HAMMER, O. & HARPER, D. A. T. 2005. **PAST: Paleontological Statistics, version 1.34**. Disponível em: <<http://folk.uio.no/ohammer/past>>. Acesso em: 02.08.2010.

HILL, J. G.; SUMMERVILLE, K. S.; & BROWN, R.L. Habitat associations of ant species (Hymenoptera: Formicidae) in a heterogeneous Mississippi landscape. **Environmental Entomology**, v. 37, p. 453–463, 2008.

HILL, M. O. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. **Ecology**, v. 54, p. 427-473, 1973.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. **The Ants**. Harvard University Press, Cambridge.732p. 1990.

IBAMA. **Brasil: Parques Nacionais**. São Paulo: Empresa das Artes, Brasília: Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. 1997.

IBGE. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 124 p. 1991.

JAFFE, K. C. **El mundo de las hormigas**. Equinoccio, Ed. de la Univ. Simon Bolivar, 183 pp. 1993.

JAFFE, K., LATTKE, J. E. & HERNANDES, P. Ants on the tepuis of the Guiana shield: a zoogeographic study. **Ecotropicos**, v. 6, n. 1, p. 22-28. 1993.

KASPARI, M. Introducción a la ecología de las hormigas, p. 97 – 112. *In*: F. Fernández (ed.). **Introducción a la ecología de las hormigas de la region Neotropical**. Bogotá, Instituto de Investigacion de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, xxv + 424 p. 2003.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. New York, Harper & Hall, 654p, 1989.

KRONFELD-SCHOR, N. & DAYAN, T. Partitioning of time as an ecological resource. **Annual Review Ecology Evolution System**, v. 34, p. 153-181, 2003.

KUSNEZOV, N. Numbers of species of ants in faunae of different latitudes. **Evolution**, v. 11, p. 298-299, 1957.

LAPOLA, D. M; ANTONIALLI-JUNIOR, W. F. & GIANNOTTI, E. Arquitetura de ninho da formiga neotropical *Ectatomma brunneum* F. Smith, 1858 (Formicidae: Ponerinae) em ambientes alterados. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 5, n. 177–188, 2003.

LARSON, D. W.; MATTHEUS, U.; KELLY, P.E. **Cliff Ecology. Pattern and process in cliff ecosystems**. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge: Cambridge University Press. 2000.

LASSAU S. A.; HOCHULI D., F.; CASSIS, G., REID, C. Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? **Divers. Distribution**, v. 11, p. 73–82, 2005.

LASSAU, S. A & HOCHULI. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecographical**, v. 27, p. 157-164, 2004.

LEAL I. R., FERREIRA, S. O. & FREITAS, A.V. L. Diversidade de formigas de solo em um gradiente sucessional de Mata Atlântica, ES, Brasil. **Biotemas**, v. 6, p. 42-53, 1993.

LEAL, I. R. & B. C. LOPES. Estrutura das comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de solo e vegetação no Morro da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC. **Biotemas**, v. 5, p. 107–122, 1992.

LEAL, I. R. Diversidade de formigas no estado de Pernambuco, p.483-492. In J.M. Silva & M. Tabarelli (eds.), **Atlas da biodiversidade de Pernambuco**. Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 722p., 2002.

LEAL, I. R. Diversidade de formigas em diferentes unidades da paisagem da Caatinga, p.435-460. In I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M. Silva (eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 802p. 2003.

LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. **Numerical ecology**, 2nd English edition, Amsterdam, The Netherlands, Elsevier Science BV, 420p. 1998.

LITSINGER, J.A.; ALVIOLA III, A.L. & CANAPI, B.L. Effects of flooding on insect pest and spiders in a rainfed rice environment. **International Rice Research Institute**, v. 11, n. 5, p. 24-25. 1986.

LONGINO, J. T. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. **Zootaxa**, v. 151, p. 1-150. 2003.

LONGINO, J. T. 2010. **Ants of Costa Rica**. Disponível em: <<http://www.evergreen.edu/ants/antsofcostarica.html>>. Acesso em: 10.11.2010.

LOPES, B. C. & LEAL, I. R. Levantamento preliminar de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de solo e vegetação em um trecho de Mata Atlântica, Morro da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC. **Biotemas**, v. 4, p. 51-59, 1991.

LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M.; LUTINSKI, C. J.; IOP, S. Diversidade de formigas na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 1810-1816. 2008.

MACARTHUR, R.H. & WILSON, E.O. **The theory of island biogeography**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 203p. 1967.

MEGURO, M.; PIRANI, J. R.; MELLO-SILVA, R. & GIULIETTI, A. M. Estabelecimento de matas ripárias e capões nos ecossistemas campestres da cadeia do Espinhaço, Minas Gerais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 15, p. 1-11. 1996a.

MEGURO, M.; PIRANI, J. R.; MELLO-SILVA, R. & GIULIETTI, A. M. Caracterização florística e estrutural de matas ripárias e capões de altitude da Serra do Cipó, Minas Gerais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 15, p. 13-29. 1996b.

PEIXOTO, T. S.; PRAXEDES, C. L.; BACCARO, F. B.; BARBOSA, R. I. & JÚNIOR, M. M. Composição e riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em savana e ambientes associados de Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 4, n. 1, p. 1-10. 2010.

POREMBSKI, S., MARTINELLI, G., OHLEMÜLLER, R. & BARTHLOTT, W. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. **Diversity Distribution**, v. 4, p. 107-119. 1998.

RETANA, J. & CERDÁ, X. Patterns of diversity and composition of Mediterranean ground ant communities tracking spatial and temporal variability in the thermal environment. **Oecologia**, v. 123, p. 436-444. 2000.

RIBEIRO, K. T.; MEDINA, B. M. O & SCARANO, F. R. Species composition and biogeographic of the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n.4, p. 623-639. 2007.

RODRIGUES, C. A., ARAÚJO, M. S., CABRAL, P. I. D., LIMA, R. BACCI, L. & OLIVEIRA, M. A. Comunidade de formigas arborícolas associadas ao pequiheiro (*Caryocar brasiliense*) em fragmento de Cerrado Goiano. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 57, p. 39-44. 2008.

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

SAFFORD, H.D. Brazilian Páramos I. An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, v. 26, p. 693-712. 1999a.

SAFFORD, H.D. Brazilian Páramos II. Macro-and mesoclimate of the campos de altitude and affinities with high mountain climates of the tropical Andes and Costa Rica. **Journal of Biogeography**, v. 26, p. 713-737. 1999b.

SANTOS, I. A. **Características estruturais de plantas determinam riqueza de espécies de formigas no Cerrado?** 2006. 43p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SEGADAS-VIANNA, F. & DAU, L. Ecology of the Itatiaia range, southeastern Brazil. II – Climates and altitudinal climatic zonation. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 53, p. 31-53. 1965.

SHÜTTE, M.S; QUEIROZ, J; MAYHE-NUNES, A. J. & PEREIRA; M. P. S. Inventário estruturado de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em floresta ombrófila de encosta na ilha da Marambaia, RJ. **Revista Iheringia, Série Zoologia**, v. 97, n. 1, p. 103-110. 2007.

SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. **Ecological Monographs**, v. 80, p. 107-124. 2010.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. A. & SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado, p.113-148. *In*: F. Fernández (ed.). **Introducción a las hormigas de la Región Neotropical**. Smithsonian Institution Press, 398p. 2003.

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

SOARES, I. M. F.; SANTOS, A. A.; GOMES, D.; DELABIE, J.H.C. & CASTRO, I. F. Comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicinae) em uma ilha de florestas ombrófila serrana em região de caatinga (BA, Brasil). **Acta Biologica Leopoldinense**, v. 25, n. 2, p. 197-204. 2003.

SOARES, S.M. **Gradiente altitudinal de riqueza de espécies de formigas (Hymenoptera, Formicidae)**. 2003. 92p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 2003, Viçosa, 2003.

SOARES-GOMES, A. & PIRES-VANIN, A. M. S. Padrões de abundancia, riqueza e diversidade de moluscos bivalves na plataforma continental ao largo de Ubatuba, São Paulo Brasil: uma comparação metodológica. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 4, p. 717- 725. 2003.

TERBORG, J. & WESKE, J.S. The role of competition in the distribution of Andean birds. **Ecology**, v. 56, n. 3, p. 562-576, 1975.

TOWNSEND, C. R., BEGON, M. & HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. 3ª Edição, Porto Alegre: Editora Artmed, 576 p. 2010.

VARGAS, A.B., MAYHÉ-NUNES, A.J., QUEIROZ, J.M., SOUZA, G.O. & FOLLY-RAMOS, E. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 36, n.1, p. 28-37. 2007.

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

VEIGA-FERREIRA, S., MAYHÉ-NUNES, A. J. & QUEIROZ, J. M. Formigas de serapilheira na Reserva Biológica do Tinguá, Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Hymenoptera: Formicidae). **Revista da Universidade Rural, Série Ciência da Vida**, v. 25, n. 1, p. 49-54. 2005.

WARD, P. S. Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities. *In*: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. eds. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution. p.99-121. 2000.

WILSON, E.O. Which are the most prevalent ant genera? **Studia Entomol.**, v. 19, p. 187-200. 1976.

WILSON, E.O. **Foreword. Ants Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity, Smithsonian**. Inst. Press, Washington and London, 78p. 2000.

CAPÍTULO 2

COMPARAÇÃO ENTRE TRÊS TÉCNICAS DE COLETAS PARA ESTIMAR A RIQUEZA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NO PLANALTO DO ITATIAIA, RIO DE JANEIRO, BRASIL

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo comparar três técnicas de coleta para estimar a riqueza de espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. São apresentados dados comparativos das estimativas da riqueza de gêneros, de espécies e as curvas de acumulação de espécies amostradas com iscas de sardinha, armadilhas de queda e coletas manuais, em duas fisionomias distintas (“vegetação estépica” [VE] e “vegetação rupícola” [VR]), no Planalto do Itatiaia. Com a utilização das três técnicas foram coletadas 30 espécies de 11 gêneros, pertencentes a quatro subfamílias. Para a VE foram registrados 50% dos gêneros e 36,4% das espécies coletadas exclusivamente pelas iscas, e 20% e 50% pela armadilha de queda, respectivamente. Para a VR foram registrados 37,5% e 47,61% dos gêneros e espécies exclusivas para iscas, porém nenhum gênero e espécie foram restritos a coleta manual. Em se tratando de ecossistema de campos de altitude e quando apenas uma das técnicas possa ser utilizada, a isca de sardinha foi a mais eficiente para amostrar a riqueza em VE. Para VR, a coleta manual se apresentou como a técnica mais apropriada para registrar sua riqueza. No entanto, as armadilhas de queda (na VE) e as iscas (na VR) registraram uma parcela não tão desprezível da riqueza. Em nossos dados, as coletas manuais foram associadas a protocolos de coleta padronizados, e, apesar de serem bastante criticadas, mostraram eficiência no registro de espécies em habitats em que outras técnicas mais difundidas não podem ser utilizadas. Apesar de fisionomias distintas apresentarem eficiência de técnica de coleta diferenciada, é relevante a utilização das três técnicas para se potencializar ainda mais o registro das espécies em ambientes de campos de altitude.

Palavras - chave: curva de acumulação de espécies, isca de sardinha, armadilha de queda e coleta manual

ABSTRACT

This study aims to compare three sampling techniques to estimate species richness of ants (Hymenoptera: Formicidae) in “campos of altitude” at Itatiaia National Park, in Rio de Janeiro state. Compared richness estimates for genera and species, and curves of accumulation of species for sardine baits, pitfall traps and manual collecting are presented for two distinct sites ("steppe vegetation" [VE] and "rupicola vegetation" [VR]) in Itatiaia Plateau. The three techniques collected 31 species of 10 genera belonging to four subfamilies. In VE were registered 50% of genera and 36.4% of species collected exclusively by baits, and 20% and 50% by pitfall traps, respectively. In VR were registered 37.5% of genera and 47.61% of species exclusive for baits, but no one genus and species was restricted for manual collecting. In the case of “campos de altitude” and when only one technique can be used, the sardine bait was the most efficient sample technique to registered richness at VE. For VR, the manual collecting was the most appropriate technique to record species richness. However, the pitfalls (in VE) and bait (in VR) recorded an important portion of species richness. In our data, the manual collecting were associated with standardized data collecting protocols, and, although much criticized, have shown effectiveness in recording species in habitats where widespread techniques cannot be used. In spite of different physiognomies show differentiated efficiency for samples techniques, it is relevant to using more than one technique associated to a collecting protocol well structured to potentiated the record of the new species in environments as the “campos de altitude”.

Key words: Species accumulation curve, tune baits, pitfall traps and manual collecting.

2.1 INTRODUÇÃO

Um padrão macroecológico bem definido é a relação inversa entre a altitude e a diversidade em espécies (TERBORG & WESKE, 1975; JAFFE *et al.*, 1993; SOARES *et al.*, 2003; NAVAS, 2003; ALBUQUERQUE & DIEHL, 2009). Condições microclimáticas, severidade do ambiente e altitude podem influenciar a riqueza e abundância em espécies de formigas (KUSNEZOV, 1957; HÖLLDOBLER & WILSON, 1991), assim como o grau de perturbação física do habitat, isolamento e heterogeneidade ambiental (FOWLER *et al.*, 1991).

Trabalhos sobre comunidade de formigas epigéicas, como os de ROMERO & JAFFE (1989), BESTELMEYER *et al.* (2000), DELABIE *et al.* (2000) e ALBUQUERQUE & DIEHL (2009), convergem para a necessidade de protocolos de coletas bem estruturados, para que a riqueza e a equitabilidade sejam bem avaliadas. No que concerne as formigas, a área de forrageamento, a dispersão dos ninhos e os padrões de atividade são fatores que também devem ser considerados antes do delineamento amostral, pois podem influenciar na representação das formigas amostradas (WANG *et al.*, 2001). Pesquisadores que trabalham com comunidade de formigas, sugerem o emprego concomitante de técnicas como a melhor maneira de se estimar a riqueza e a abundância destes insetos (DELABIE *et al.*, 2000, ALBUQUERQUE & DIEHL, 2009).

A utilização de armadilhas de queda e extratores de Winkler são as técnicas mais eficientes (WANG *et al.*, 2001) e, conseqüentemente, as mais utilizadas em estudos ecológicos envolvendo formigas. Por outro lado, a utilização concomitante de iscas de sardinha tem crescido nos últimos tempos para estudos ecológicos que utilizam grupos hiperdiversos (BENSON & HARADA, 1988; MATOS *et al.*, 1994; ALBRECHT & GOTELLI, 2001). De acordo com TAVARES *et al.* (2008) a tendência do uso concomitante se deve à facilidade de coleta e à frequência da fauna amostrada. Contudo, ainda segundo os autores, as críticas estão fundamentadas no fato de que as iscas são menos eficientes em relação a outras técnicas, pois tendem a selecionar as espécies mais agressivas, além das espécies de formigas que apresentam recrutamento mais rápido e eficiente.

A coleta manual de formigas é pouco utilizada em estudos ecológicos quantitativos (ROMERO & JAFFE, 1989). A riqueza e diversidade de espécies de formigas foi registrada com a utilização da coleta direta associada à isca de sardinha em ambientes que não possuíam serapilheira, como na região dos “Tepuis”, na Venezuela (JAFFE *et al.*, 1993), nos Campos Rupestres da Serra da Jibóia no estado da Bahia (SOARES *et al.*, 2003) e no Planalto das Araucárias no estado do Rio Grande do Sul (ALBUQUERQUE & DIEHL, 2009).

Os dados registrados pela isca de sardinha, pela armadilha de queda e pela coleta manual, sejam separadamente ou associados, permitem realizar estimativas de riqueza de espécies. Curvas de acumulação de espécies calculam quanto o total observado pode representar da fauna local (COLWELL & CODDINGTON, 1994), a eficiência do método adotado e a comparação entre diferentes inventários (SOBERÓN & LLORENTE, 1993).

Dessa forma, torna-se relevante comparar a eficiência das técnicas de coleta mais utilizadas na amostragem da diversidade de formigas em ambientes com altitudes acima de 2.000 m. Neste estudo, são apresentados dados comparativos das estimativas da riqueza de gêneros, de espécies e as curvas de acumulação de espécies amostradas com iscas de sardinha, armadilhas de queda e coletas manuais, em duas fisionomias distintas (“vegetação estépica” e “vegetação rupícola”), no ecossistema conhecido como campos de altitude no Planalto do Itatiaia, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área de Estudo

As coletas foram feitas em setembro de 2009 e abril de 2010 nos campos de altitude que ocorrem acima 2000 m de altitude e acima da floresta de neblina (BRADE 1956), no Planalto do Itatiaia (22°22' S e 44°40' W) dentro dos limites do Parque Nacional do Itatiaia. O clima é mesotérmico, marcadamente sazonal, com invernos frios e secos e verões muito úmidos. A temperatura média anual fica entre 14 °C a -10 °C. Com média de precipitação anual de 2.400 mm, concentrada no verão (SEGADAS-VIANNA & DAU, 1965).

Fisionomia I (VE) : “Vegetação estépica” (22°03'03” S e 44°40'51” W), encontra-se em áreas de relevo plano situado a aproximadamente 2.400 metros de altitude. É caracterizada por encostas úmidas cobertas por gramíneas com predomínio de *Campoderia modesta* (Doell) Rack, turfeiras, pequenos capões de mata e brejos que comportam uma lâmina de água (SEGADAS-VIANNA & DAU, 1965).

Fisionomia II (VR) : “Vegetação rupícola” (22°22'47” S e 44°40'51” W), apresenta relevo acidentado a aproximadamente 2400 m de altitude. É diferenciada da fisionomia anterior por afloramentos rochosos que cortam a paisagem em todas as direções. Nestas rochas há ilhas de vegetação bastante heterogêneas (LARSON *et al.*, 2000) que formam tapetes contínuos em sua superfície (POREMBSKI *et al.*, 1998). A maioria destes vegetais está representada por Bromeliaceae, Cyperaceae, Melatomastaceae, Orchidaceae e Poaceae.

2.2.2 Procedimentos de coleta

Foram utilizadas três parcelas de 1200 m² (40 x 30 m). Cada parcela era constituída de quatro transectos de 40 m distanciados 10 m entre si. Em cada transecto foram marcados cinco pontos também distantes 10 m entre si, sendo 20 pontos de amostragem, totalizando 60 pontos em cada fisionomia.

Iscas (ISC): se constituem em uma porção de 1,0 cm³ de sardinha conservada em óleo vegetal, que foram dispostas sobre pedaços de papel branco de 20 X 10 cm. As iscas permaneceram 60 minutos no local antes de serem recolhidas em sacos plásticos individualizados para posterior armazenamento em frascos contendo álcool 70%. No total foram utilizadas 120 iscas, 60 em cada fisionomia.

Armadilha de queda (AQD): foram distribuídas 60 armadilhas de queda ao longo de três parcelas como descrito acima. Contudo, esta técnica foi aplicada somente na VE, pois a VR não apresentava estrutura de solo que permitisse a instalação das armadilhas. As armadilhas de queda consistiram em copos plásticos de 300 ml com 7,0 cm de diâmetro, com álcool 70% como líquido fixador. Estas foram enterradas no solo com a borda superior paralela à superfície do solo, permanecendo ativas por 48 h. O material coletado foi então transferido para frascos rotulados, contendo álcool 70%.

Coletas Manuais (CMN): esta técnica foi aplicada somente na VR e consiste na utilização de pinças entomológicas para coleta das formigas sob e sobre as rochas, realizada por um coletor por uma hora. Cada hora/homem foi considerada como uma unidade amostral, totalizando 12 horas/homem.

As técnicas ISC e AQD foram adaptadas a partir de BESTELMEYER *et al.* (2000) e DELABIE *et al.* (2000), e CMN a partir de ALBUQUERQUE & DIEHL (2009).

2.2.3 Identificação das formigas

Os gêneros foram identificados com base em Bolton (1994) e as subfamílias de acordo com a proposta de BOLTON (2003). Quando possível, as identificações ao nível de espécie foram feitas com auxílio de chaves contidas em revisões taxonômicas e por meio de comparações com exemplares da Coleção Entomológica Ângelo Moreira da Costa Lima (CECL), da UFRRJ, onde espécimes testemunhas foram depositados.

2.2.4 Análise dos dados

Foram construídas curvas de acumulação das espécies usando o número de amostras (SÓBERON & LLORENTE, 1993). De acordo com MORENO & HALFFTER (2000) e MEDELLÍN (1993), este processo é mais adequado quando são utilizadas unidades amostrais que crescem gradualmente, razão pela qual empregamos o total acumulado de espécies por amostra.

Para cada técnica, o total de espécies por amostra foi aleatorizado 1000 vezes pelo programa Estimate-S[®] 5.0 (COLWELL, 1997) para reduzir o efeito do acaso nas amostras. As curvas de acumulação foram construídas a partir dos valores acumulados e dos aleatorizados (pelo método Mao Tau). Foi utilizado o programa Systat[®] 11 (WILKINSON, 2004) para verificar a significância da regressão entre o número de amostras e o total de espécies. As funções logarítmicas para as curvas acumuladas de cada técnica encontram-se nos resultados.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As três técnicas conjuntamente coletaram quatro subfamílias, 11 gêneros e 30 espécies. Para a VE foram registrados respectivamente 50% e 36,4% de gêneros e espécies coletadas exclusivamente pela isca, e 20% e 50% pela armadilha de queda (Tabela 12). Para a VR foram registrados 37,5% e 47,61% dos gêneros e espécies exclusivas para isca, porém nenhum gênero e espécie foram restritos a coleta manual (Tabela 13).

Tabela 12 - Distribuição da riqueza de gêneros e espécies de cada subfamília de Formicidae amostradas na Fisionomia I (vegetação estépica), através das iscas de sardinha (ISC) e armadilha de queda (AQD) no Planalto do Itatiaia, RJ. Setembro/2009 e abril/2010. Entre parêntesis estão os números de gêneros e as espécies exclusivas para cada técnica.

Subfamília	Gêneros					Espécies			
	ISC	AQD	Comuns a ambas as técnicas	ISC	AQD	Comuns a ambas as técnicas	ISC	AQD	Comuns a ambas as técnicas
Dolichoderinae	1 (0)	1 (0)	1	1 (0)	2 (1)	1			
Formicinae	2 (0)	2 (0)	2	5 (0)	10 (5)	5			
Myrmicinae	5 (4)	1 (0)	1	5 (4)	1 (0)	1			
Ponerinae	0 (0)	1 (1)	0	0 (0)	1 (1)	0			
Total	8 (4)	5 (1)	4	11 (4)	14 (7)	7			

Tabela 13 - Distribuição da riqueza de gêneros e espécies de cada subfamília de Formicidae amostradas na Fisionomia II (vegetação rupícola), através das iscas de sardinha (ISC) e coletas manuais (CMN) no Planalto do Itatiaia, RJ. Setembro/2009 e abril/2010. Entre parêntesis estão os números de gêneros e as espécies exclusivas para cada técnica.

Subfamília	Gêneros					Espécies				
	ISC	CMN	Comuns a ambas as técnicas		ISC	CMN	Comuns a ambas as técnicas			
Dolichoderinae	1	(0)	1	(0)	1	1	(0)	1	(0)	1
Formicinae	2	(0)	2	(0)	2	7	(0)	7	(0)	7
Myrmicinae	5	(3)	2	(0)	2	13	(10)	3	(0)	3
Total	8	(3)	5	(0)	5	21	(10)	11	(0)	11

Myrmicinae foi a subfamília mais freqüente nas três técnicas e nas duas fisionomias, o que pode estar relacionado com a grande riqueza e abundância desta subfamília de formigas na fauna edáfica em ambientes neotropicais (SILVA & BRANDÃO, 1999). Estes resultados eram esperados e corroboram estudos anteriores realizados por VEIGA-FERREIRA *et al.* (2005), SCHÜTTE (2007) e VARGAS *et al.* (2007), para outros ecossistemas do Bioma Mata Atlântica. Formicinae se apresentou como a segunda mais freqüente, corroborando a mesma seqüência de registros de ambas as subfamílias nas coletas de JAFFE *et al.* (1993) nos “Tepuis” venezuelanos, SOARES *et al.* (2003) nos Campos Rupestres do nordeste brasileiro e ALBUQUERQUE & DIEHL (2009) em ambientes de grande altitude na região Sul do Brasil. Apesar dos poucos registros, a subfamília Dolichoderinae esteve presente em todas as técnicas de coletas. Ponerinae foi representada por uma espécie, capturada pela armadilha de queda.

Segundo ALBUQUERQUE & DIEHL (2009), o clima pode ser fator determinante para o reduzido número de espécies encontrado em ambientes de grande altitude e sugerem que, por serem insetos termofílicos, baixas temperaturas podem limitar a ocorrência das formigas. Para ANDERSEN (2000) e KASPARI (2000), ambientes de baixas temperaturas podem promover

forte efeito estressante sobre a comunidade de formigas, reduzindo a riqueza das espécies. GREENSLADE & GREENSLADE (1977) sugeriram que o micro clima associado ao grau de complexidade espacial da cobertura vegetal são fatores que podem exercer influência sobre a formicifauna.

Quanto à eficiência das técnicas de coleta, as curvas de acumulação de espécies para as iscas de sardinha e armadilhas de queda mostraram-se similares na VE ($y=2.600\ln(x)+0.220$; $R^2=0,993$; $p<0,0001$ para ISC; $y=3.098\ln(x)+1.240$; $R^2=0,996$; $p<0,0001$ para AQD) (Figura 10 e 11), com a obtida pela soma dos dois métodos simultaneamente ($y=3.887\ln(x)-0.400$; $R^2=0,992$; $p<0,0001$, para ISC + AQD) (Figura 12).

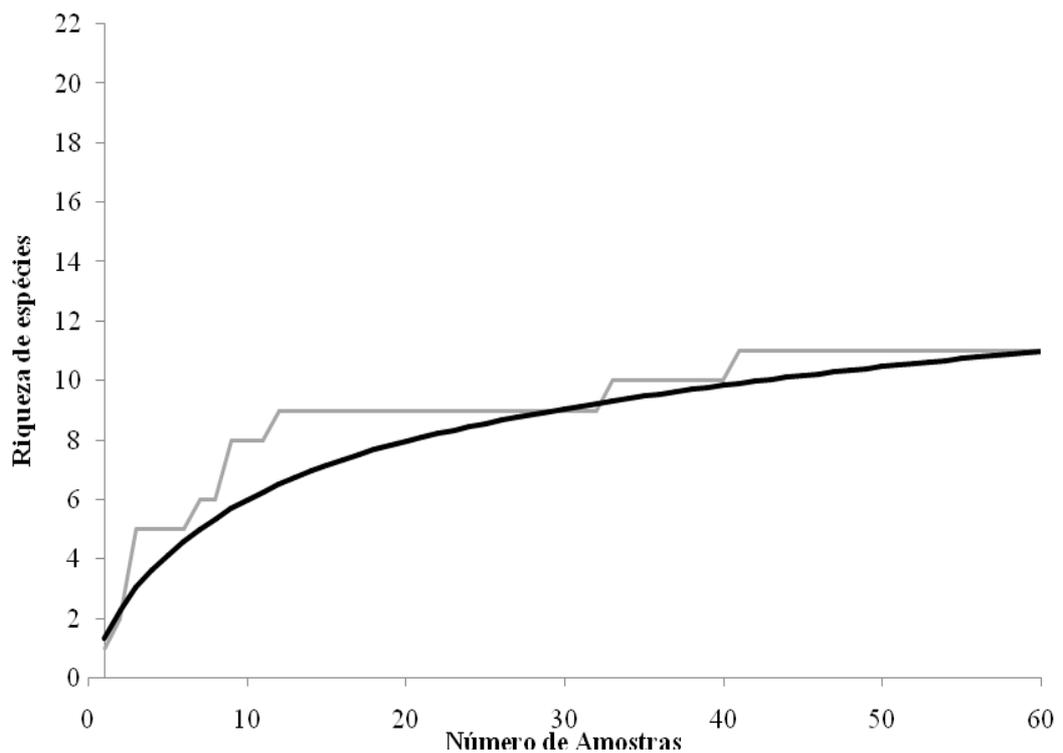


Figura 10 - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas para isca de sardinha na VE (1000 aleatorizações). Linha preta = riqueza aleatorizada; linha cinza = riqueza observada. Planalto do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010.

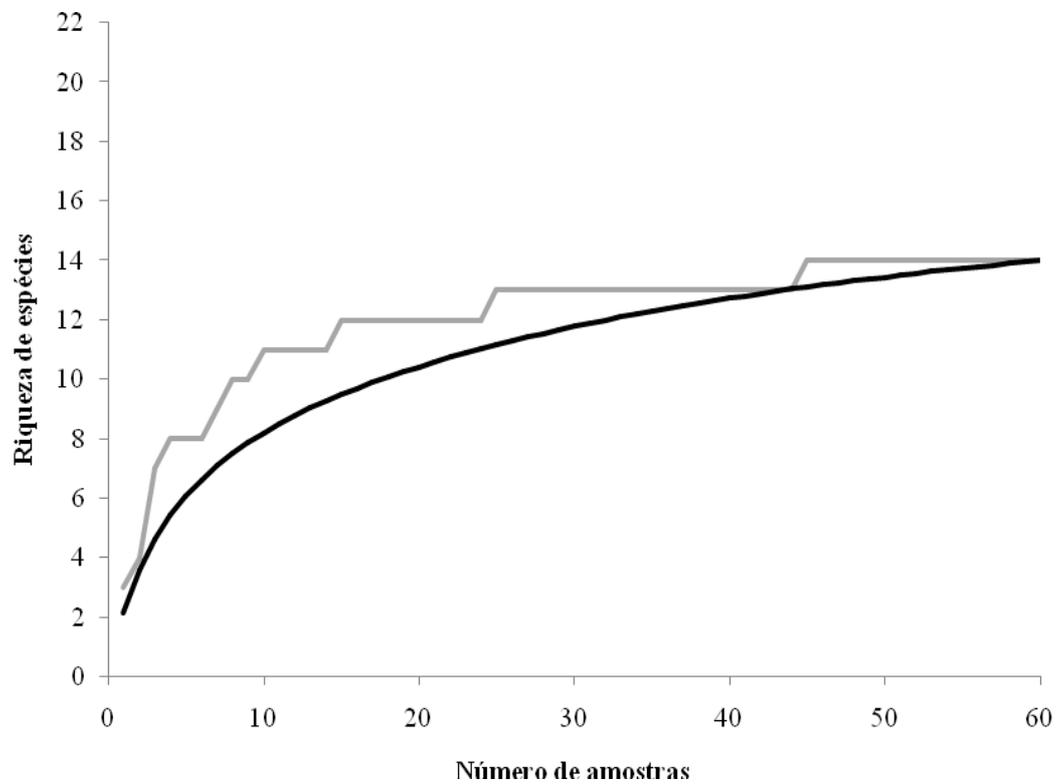


Figura 11 - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas para armadilha de queda na VE (1000 aleatorizações). Linha preta = riqueza aleatorizada; linha cinza = riqueza observada. Planalto do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010.

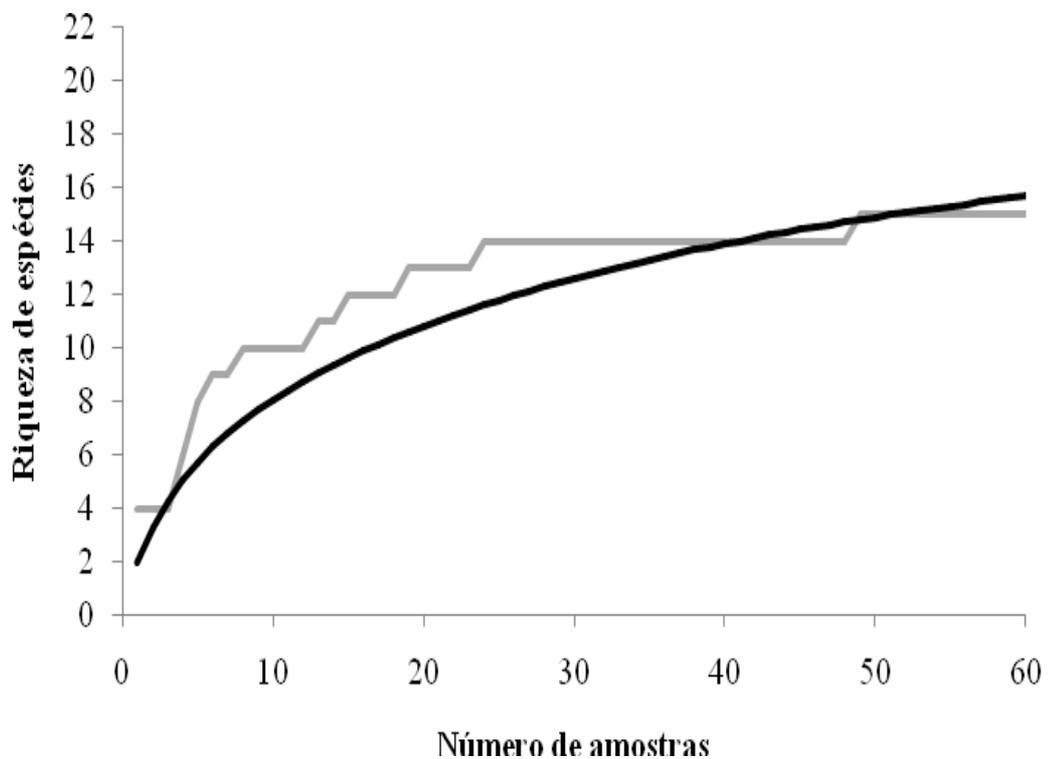


Figura 12 - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas para Isca de sardinha + armadilha de queda na VE (1000 aleatorizações). Linha preta = riqueza aleatorizada; linha cinza = riqueza observada . Planalto do Itatiaia do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010.

As curvas para as iscas de sardinha e coletas manuais também se mostraram parecidas na VR ($y=4.908\ln(x)+1.296$; $R^2=0.995$, $p< 0,0001$ para a ISC), ($y=2.864\ln(x)+2.089$; $R^2=0.997$, $p< 0,0001$ para CMN) (Figura 13 e 14), com a obtida pela soma dos dois métodos simultaneamente ($y=4.442\ln(x)+3.524$; $R^2=0.989$ $p< 0,0001$ para a ISC + CMN) (Figura 15).

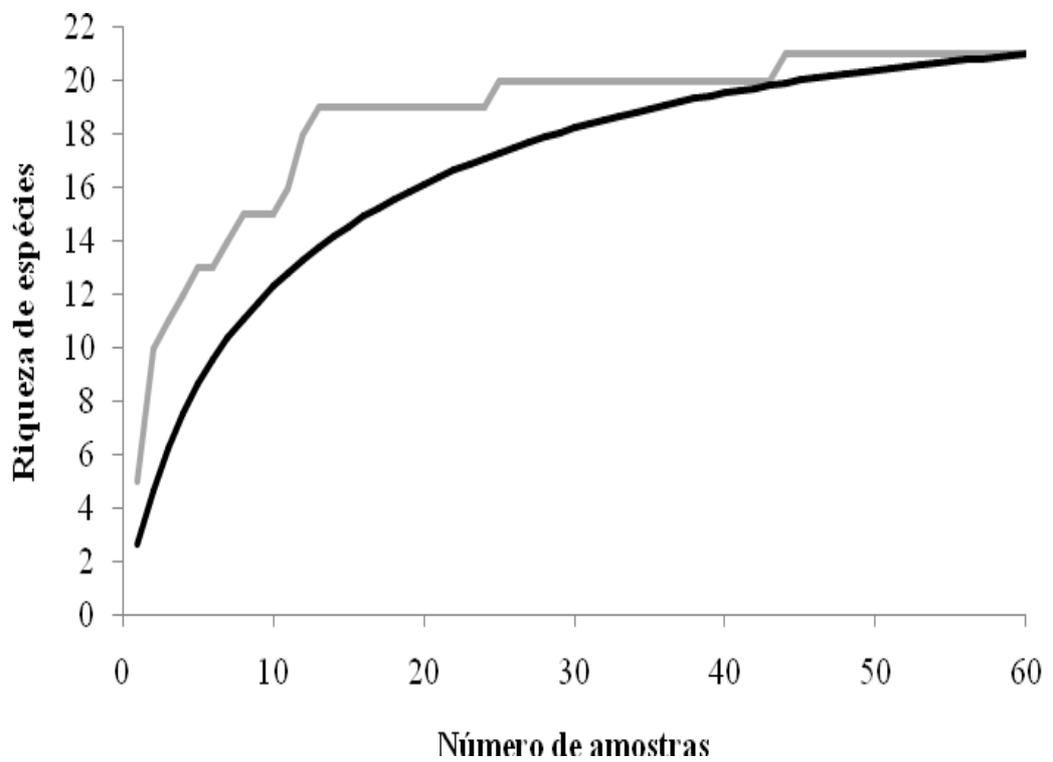


Figura 13 - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas por amostras de iscas de sardinha na VR (1000 aleatorizações). Linha preta = riqueza aleatorizada; linha cinza = riqueza observada. Planalto do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010.

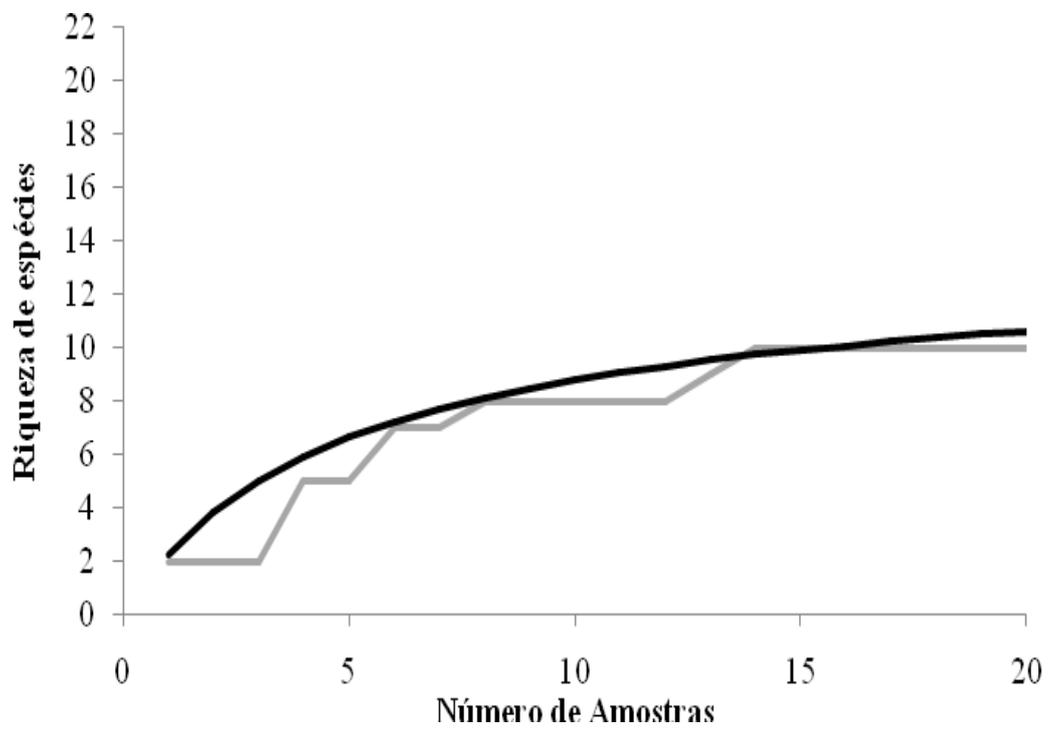


Figura 14 - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas por amostras de coleta manual na VR (1000 aleatorizações). Linha preta = riqueza aleatorizada; linha cinza = riqueza observada. Planalto do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010.

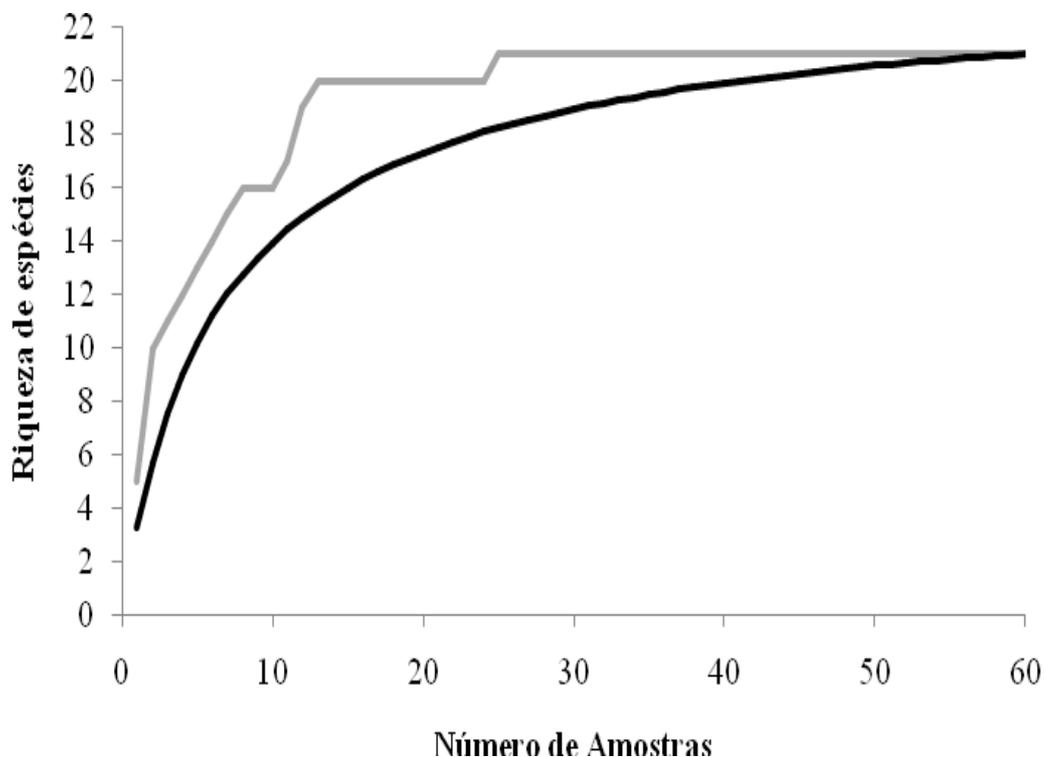


Figura 15 - Curva de acumulação de espécies observadas e aleatorizadas por amostras de Iscas de sardinha + coleta manual para VR (1000 aleatorizações). Linha preta = riqueza aleatorizada; linha cinza = riqueza observada. Planalto do Itatiaia, Brasil, setembro/2009 e abril/2010.

Para se obter o total de 18 espécies registradas pelas duas técnicas, seriam necessárias 67,7 iscas e 70,2 armadilhas de queda na VE. Enquanto que, para obter o total de 21 espécies seriam necessárias 76,2 iscas e 34,8 horas/homem de coleta manual na VR. Observou-se, portanto, que a isca apresenta uma eficiência de amostragem da riqueza na ordem de 32% maior que a armadilha de queda para VE. A coleta manual está na ordem de 50,2% mais eficiente que as iscas para ambientes semelhantes a VR, corroborando o que havia sido preconizado por

ROMERO & JAFFE (1989) para áreas abertas e ALBUQUERQUE & DIEHL (2009) para ambientes de grande altitude.

Vale ressaltar que, em se tratando de ecossistema de campos de altitude e quando apenas uma das técnicas possa ser utilizada, a isca de sardinha mostrou ser mais eficiente para amostrar a riqueza em fisionomias com vegetação estépica. Para fisionomias com vegetação rupícola, a coleta manual se apresentou como técnica mais apropriada para registrar a riqueza desta área. No entanto, as armadilhas de queda (na VE) e as iscas (na VR) registraram uma parcela não tão desprezível da riqueza. Conseqüentemente, tanto as armadilhas de queda, as iscas quanto as coletas manuais devem ser adotadas simultaneamente, pois como sugerido por ROMERO & JAFFE (1989), BESTELMEYER *et al.* (2000), WANG *et al.* (2001) e ALBUQUERQUE & DIEHL (2009), o ideal e mais eficiente é a associação de técnicas de coleta quantitativa com qualitativas.

No caso de campos de altitude, o tempo do esforço amostral por hora/homem realizado neste estudo é similar ao que foi aplicado por JAFFE *et al.* (1993) também em ambientes rochosos de grande altitude e por ROMERO & JAFFE (1989) para ambientes abertos de savana, onde a locomoção do pesquisador é mais rápida e fácil. Segundo estes autores, de 8 a 10 horas/homem de coleta direta bastariam para capturar cerca de 75% das espécies de formigas. No inventário do Itatiaia, as coletas manuais foram associadas a protocolos de coleta padronizados, e, apesar de serem bastante criticadas, mostraram eficiência no registro de espécies em habitats em que outras técnicas mais difundidas não podem ser utilizadas.

Embora a amostragem com iscas capture espécies com maior atividade no momento da coleta, esta técnica permite estimar a riqueza local e fazer comparações com dados de outras áreas ou habitats (ROMERO & JAFFE, 1989; ALBUQUERQUE & DIEHL, 2009). Segundo TAVARES *et al.* (2008), dados oriundos de coletas com iscas podem fornecer informações relevantes sobre a partição temporal de recursos. As armadilhas de queda por sua vez vêm sendo amplamente utilizadas para amostrar a abundância e riqueza da comunidade de formigas da serapilheira em geral (MAJER, 1983; ROMERO & JAFFE, 1989; WANG *et al.*, 2001). LASSAU & HOCHULI (2004), coletaram formigas utilizando apenas armadilhas de queda em ambientes com diferentes complexidades estruturais e, mesmo sendo estes ambientes

comparativamente diferentes do Itatiaia, os autores verificaram redução da riqueza e abundância em ambiente de estrutura mais homogênea.

Independentemente das técnicas de coleta escolhidas, elas devem estar associadas a um delineamento amostral bem estruturado para que se possa ampliar ainda mais o conhecimento sobre a formicifauna dos biomas brasileiros (ver CASTILHO *et al.*, 2007 e VEIGA-FERREIRA *et al.*, 2010 para registro de novas espécies de formigas), permitindo análises ambientais mais completas. Apesar de fisionomias distintas apresentarem eficiência de técnica de coleta diferenciada, é relevante a utilização das três técnicas para se potencializar ainda mais o registro das espécies em ambientes de campos de altitude. A influência das formigas sobre processos edáficos, assim como sobre o fluxo de energia e de materiais nos ecossistemas (BROWN, 1997), a predação e dispersão de sementes (FOLGARAIT, 1998; PASSOS & OLIVEIRA, 2002; 2003; LEAL, 2003) fazem com que este grupo de insetos possa ser utilizado para avaliações e monitoramentos ambientais (SILVA & BRANDÃO, 1999), mesmo para aqueles ambientes aparentemente mais inóspitos e estruturalmente menos heterogêneos.

2.4 CONCLUSÕES

- A isca é mais eficiente na Vegetação Estépica (VE) e a coleta manual mais eficiente na Vegetação Rupícola (VR).
- Contudo a associação de técnicas é relevante pois a armadilha de queda na Vegetação Estépica (VE) e a isca na Vegetação Rupícola (VR) contribuíram para o aumento do número das espécies para cada comunidade analisada

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, M. & GOTELLI, N.J. Spatial and temporal niche partitioning in grassland ants. **Oecologia**, v. 126, p. 134-141. 2001.

ALBUQUERQUE, E.Z. & DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Aráucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 3, p. 398-403. 2009.

ANDERSEN, A.N. A global ecology of rain forest ants: Functional groups in relation to environmental stress and disturbance. In AGOSTI, D., MAJER, J.D., ALONSO, L.E. and SCHULTZ, T.R. (eds.), **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institutions Press, Washington, p.25-34. 2000.

BENSON, W.W. & HARADA, H. Local diversity of tropical and temperate ants faunas (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Amazonônica**, v.18, n. 3, p. 275-289. 1988.

BESTELMEYER, B.T., AGOSTI, D., ALONSO, L.E., BRANDÃO, C.R.F., BROWN Jr, W.L., DELABIE, J.H.C. & SILVESTRE, R. Field techniques for the study of ground0living ants: An overview, description, and evaluation. In: AGOSTI, D., MAJER, JD., ALONSO, LT. & SCHULTZ, TR. (eds), **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution, Washington. p.122-144. 2000.

BOLTON, B. **Identification Guide to the Ant Genera of the World**. London: Harvard University Press, 222 p. 1994.

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

BRADE, A.C. A flora do Parque Nacional do Itatiaia. **Boletim do Parque Nacional do Itatiaia**, v. 5, p. 1-114. 1956.

BROWN, K.S. Diversity, disturbance and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal insect conservation**, 1: 151-157. 1997.

CASTILHO, A.C.C., DELABIE, J.H.C., MARQUES, M.I., ADIS, J. & MENDES, L.F. Registros Novos da Formiga Criptobiótica *Creightonidris scambognatha* Brown (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 1, p. 150-152. 2007.

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

COLWELL, R.K. User's guide to EstimateS5 statistical. Estimation of species richness and shared species from samples. Version 5.0.1. Copyright 1994-97, 22p. 1997.

DELABIE, J. H. C., AGOSTI, D. & NACIMEJNTO, I. C. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: AGOSTI, D., MAJER, J. D., ALONSO, L. T., SCHULTZ, T. R. (eds). **Sampling ground dwelling ants: case studies from the world's rain forests**. Perth, Australia, Curtin University School of Environmental Biology. Bulletin. p. 117-123. 2000.

FOLGARAIT, P.J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. **Biodiversity Conservation**, v. 7, p. 1221-1244. 1998.

FOWLER, H.G., FORTI, L.C., BRANDÃO, C.R.F., DELABIE, J.H.C., VASCONCELOS, H.L. Ecologia nutricional de formigas. In: Panizzi, A.P.; Parra, J.R.P. (eds.), **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo, Manole. p. 131-223. 1991.

GREENSLADE, P.J.M & GREENSLADE, P. Some effects of vegetation cover and disturbance on a tropical ant fauna. **Insects Sociaux**, v. 24, n. 2, p. 163-182. 1977.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON E.O. **The Ants**. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University. 732 p. 1991.

JAFFE, K., LATTKE, J. E. & HERNANDES, P. Ants on the tepuis of the Guiana shield: a zoogeographic study. **Ecotropicos**, v. 6, n. 1, p. 22-28. 1993.

KASPARI, M. A primer on ant ecology, p. 9-24. *In*: D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso & T. R. Schultz (eds.). **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution Press, xix + 280 p. 2000.

KUSNEZOV, N. Numbers of species of ants in faunae of different latitudes. **Evolution**, v. 11, n. 3, p. 298-299. 1957.

LARSON D.W., MATTHES, U. & KELLY, P.E. **Cliff Ecology. Pattern and Process in Cliff Ecosystems**. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 340 p. 2000.

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

LEAL, I.R. Dispersão de Sementes por Formigas. *In*: Leal, IR.; Tabarelli, M. and Silva, J.M.C. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife, Ed. Univ. UFPE, p. 593-624. 2003.

MAJER, J.D. Ants: bio-indicators of mine site rehabilitation, land-use, and land conservation. **Environmental Management**, v. 7, n. 4, p. 375–383. 1983.

MATOS, J.A., 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 complexibilidade estrutural (Florianópolis, SC). **Biotemas**, v. 7, p. 57-64. 1994.

MEDELLÍN, R.A. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en el trópico húmedo mexicano. In: MEDELLÍN, R.A. & CEBALLOS, TG., (eds.). Avances en el estudio de los mamíferos de México. **Asociación Mexicana Mastozooligia**, v. 1, p. 333-354. 1993.

MORENO, C.E. & HALFFTER, G. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. **Journal Applicate Ecology**, n. 37, p. 149-158. 2000.

NAKAMURA, A., PROCTOR, H. & CATTERALL, C.P. Using soil and litter arthropods to assess the state of rainforest restoration. **Ecology Manage Restor**, n. 4, p. 21-28. 2003.

NAVAS, C.A. Herpetological diversity along Andean elevational gradients: Links with physiological ecology and evolutionary physiology. **Comparative Biochemistry Physiology**, n. 133, p. 3, 469-485. 2003.

PASSOS, L. & OLIVEIRA, P.S. Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest in southeastern Brazil. **Journal Tropical Ecology**, v. 19, p. 260-270. 2003.

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

SCHUTTE, M.S., QUEIROZ, J.M., MAYHÉ-NUNES, A.J., PEREIRA, M.P.S. Inventário estruturado de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em floresta ombrófila de encosta da Ilha da Marambaia, RJ. **Iheringia, Série Zoológica**, v. 97, n. 1, p. 103-110. 2007.

SEGADAS-VIANNA, F. & DAU, L. Ecology of the Itatiaia range, southeastern Brazil. II – Climates and altitudinal climatic zonation. **Arquivos do Museu Nacional**, 53: 31-53. 1965.

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

SOARES, I.M.F., SANTOS, A.A., GOMES, D. DELABIE, J.H.C., CASTRO, I.F. Comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicinae) em uma ilha de florestas ombrófila serrana em região de caatinga (BA, Brasil). **Acta Biológica Leopoldinense**, v. 25, n. 2, p. 197-204. 2003.

SOBERÓN, J. & LLORENTE, J. The use of species accumulation functions for the prediction species richness. **Conservation Biology Arlington**, v. 7, n. 3, p. 480-488. 1993.

TAVARES, A.A., BISPO, P.C. & ZANZINI, A.C. Efeito do Turno de Coleta sobre Comunidades de Formigas Epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em Áreas de *Eucalyptus cloeziana* e de Cerrado. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 2, p. 126-130. 2008.

TERBORG, J. & WESKE, J.S. The role of competition in the distribution of Andean birds. **Ecology**, v. 56, n. 3, p. 562-576. 1975.

VARGAS, A.B., MAYHÉ-NUNES, A.J., QUEIROZ, J.M., SOUZA, G.O. & FOLLY-RAMOS, E. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 1, p. 28-37. 2007.

VEIGA-FERREIRA, S., MAYHÉ-NUNES, A.J. & QUEIROZ, J.M. Formigas de serapilheira na Reserva Biológica do Tinguá, Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida**, v. 25, n. 1, p. 49-54. 2005.

VEIGA-FERREIRA, S., ORSOLON-SOUZA, G. & MAYHÉ-NUNES, A.J. Hymenoptera, Formicidae: New records for Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro. **Check List**, v. 6, n. 3, p. 442-444. 2010.

WANG, C., STRAZANAC, J. & BUTLER, L. A comparison of Pitfall Traps with Bait Traps for studying leaf litter ant communities. **Journal Economic Entomology**, v. 94, n. 3, p. 760-765. 2001.

WILKINSON, L. **Systat**. Version 11. Software Inc., San Jose USA. 2004.

CONCLUSÕES GERAIS

- Neste estudo constam as primeiras informações sobre a formicifauna do Planalto do Itatiaia e fornece dados relevantes sobre a estrutura da comunidade de formigas em Campos de Altitude.
- Este estudo amplia consideravelmente o conhecimento sobre a eficiência da metodologia de técnicas de coleta de formigas, específicas para o ecossistema de Campos de Altitude.