

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

TESE

**Diversidade de formigas em fragmentos florestais no Vale
do Paraíba, Vassouras, Rio de Janeiro**

André Barbosa Vargas

2011



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

**DIVERSIDADE DE FORMIGAS EM FRAGMENTOS FLORESTAIS NO VALE DO
PARAÍBA, VASSOURAS, RIO DE JANEIRO**

ANDRÉ BARBOSA VARGAS

Sob a Orientação do Professor
Dr. Jarbas Marçal de Queiroz

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

Seropédica, RJ
Abril de 2011

634.980981

53

V297d

T

Vargas, André Barbosa, 1978-
Diversidade de formigas em
fragmentos florestais no Vale do
Paraíba, Vassouras, Rio de Janeiro /
André Barbosa Vargas - 2011.
79 f.: il.

Orientador: Jarbas Marçal de
Queiroz.

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

Bibliografia: f. 70-79.

1. Degradação ambiental -
Vassouras (RJ) - Teses. 2. Formiga
- Habitat - Vassouras (RJ) - Teses.
3. Liteira (Entulhos) - Mata
Atlântica - Teses. I. Queiroz,
Jarbas Marçal de, 1968-. II.
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais e Florestais.
III. Título.

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

ANDRÉ BARBOSA VARGAS

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

TESE APROVADA EM: 25/04/2011

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

Helena de Godoy Bergallo. Profa. Dra. UERJ

Carla Rodrigues Ribas. Profa. Dra. UFLA

Jayme Magalhães Santangelo. Prof. Dr. UFRRJ

Flávia Souza Rocha. Profa. Dra. UFRRJ

Dedico a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram nesta obra e também aqueles que acreditam no que fazem e prosperam num futuro melhor!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus e aos meus anjos guardiões por me protegerem e me mostrarem o caminho correto;

Agradeço aos meus pais Rita e Oswaldo por sempre acreditarem, financiarem e suportarem junto a mim todas as dificuldades. A minha irmã Thalita e ao primo Thales que sempre estiveram prontos a ajudar no que fosse necessário;

Ao Prof. Dr. Jarbas M. de Queiroz pela firme e paciente orientação no desenvolvimento desta tese e sua contribuição para o meu desenvolvimento acadêmico.

Ao Prof. Dr. Márcio R. Francelino por ceder as imagens do município de Vassouras, abrir as portas do seu laboratório e estar sempre pronto a contribuir;

Ao Prof. Dr. Antonio José Mayhé Nunes pela iniciação no mundo das formigas e contribuição na identificação das espécies;

Aos proprietários das terras no município de Vassouras que permitiram a realização das coletas;

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelo espaço físico e oportunidade de aprendizado e convivência acadêmica;

A equipe de coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais;

A FAPERJ pela bolsa de doutorado;

Aos professores do curso de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais pelo empenho e dedicação;

A minha namorada, noiva, esposa e amiga Daniela pelo companheirismo, incentivo e paciência;

Aos amigos Marcos Paulo S. Pereira e Emilson M. Diniz Filho pelo empenho e momentos de descontração no início das coletas e no laboratório;

Ao Amigo Michel S. Schutte, Cyntia Santana e Carlos “Caluth” pelo incentivo e força sempre;

Aos amigos do curso de campo no pantanal turma de 2007 em especial a Rafael Loyola, Luiz Gustavo, Jober, e Pâmela;

Aos amigos Ronildo, Luciano Villela, Alexandro (dentaiada), Flavinho, Rodrigo, Alexandre, Carlinhos pelos momentos de lazer e companheirismo;

Ao meu primeiro orientado Eduardo S. V. de Castro pelo seu envolvimento e dedicação para com as formigas me mostrando sempre o lado positivo das coisas;

Aos amigos e colegas mirmecólogos Fábio Almeida, Leandro, Diego, Renata, Luana, Luciano Martins e a Juliana que proporcionaram momentos maravilhosos e inesquecíveis em minha vida;

A Dona Maria por fazer aquele cafezinho nas horas certas e pela sua força e determinação frente as dificuldades;

Ao Prof. Dr. Carlos Pereira pelos ensinamentos e incentivo;

Enfim estar aqui agradecendo é mais do que dizer um simples obrigado. Todos vocês irão me acompanhar em toda a minha caminhada pois aprendi um pouco de tudo com todos! Enfim a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigado!

BIOGRAFIA

André Barbosa Vargas, filho de Oswaldo Zangali Vargas e Rita de Cássia Barbosa Vargas, nasceu no dia 17 de agosto de 1978, na cidade de Leopoldina – Minas Gerais. Em 1997, concluiu o Ensino Médio no Colégio Estadual Barão de Mauá, em Volta Redonda. Em 1998, ingressou no Curso de Ciências Biológicas no Centro Universitário de Barra Mansa - UBM. No ano de 2000 começou estágio de iniciação científica no Museu de Ciências do UBM, onde desenvolveu estudos bionômicos sobre algumas espécies de *Triatoma* (insetos hematófagos – “barbeiros”) e estudos comportamentais sobre aranhas da família Ctenidae. Concluiu sua Licenciatura plena em Ciências Biológicas em 2002. Neste mesmo ano passou a ser membro do Programa de Aperfeiçoamento Profissional da Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ, onde continuou os estudos bionômicos com populações de *Triatoma*. No ano de 2004 ingressou no Curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal do Instituto de Biologia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Em sua dissertação estudou os efeitos de variáveis ambientais sobre as comunidades de formigas na Restinga da Marambaia no Estado do Rio de Janeiro, concluindo o curso em março de 2006. Entre março de 2006 a março de 2007 foi docente no município de Piraí, RJ, lecionando Ciências Físicas e Biológicas no ensino Fundamental e Biologia no ensino médio no Colégio Municipal Castelo Branco, participando da organização da primeira feira de ciências no município. Em março de 2007 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais do Instituto de Florestas na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, investigando a diversidade de formigas em fragmentos florestais no Vale do Paraíba, Vassouras, Rio de Janeiro.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 A e B: Em A - Ilustração do relevo e cobertura vegetal. Em B – visão externa de um dos fragmentos estudados e da matriz composta por pastagem, comum a grande maioria dos fragmentos estudados no município de Vassouras – RJ.....	22
Figura 2: Município de Vassouras com as três paisagens (A, B e C) estudadas. Os 31 fragmentos florestais estão contornados em amarelo e com raio de 4km, em vermelho a circunferência usada para analisar o uso do solo.....	24
Figura 3: A, B, C e D: medições dos atributos ambientais e estruturais na escala dos fragmentos florestais estudados no município de Vassouras, RJ, 2008. Em A – Temperatura do solo, umidade relativa e luminosidade; B – Profundidade de serapilheira; C cobertura do solo por serapilheira e em D – circunferência a altura do peito (CAP) usado para o cálculo da área basal.	26
Figura 4: A, B, C e D: Processo para amostragem da fauna de formigas de serapilheira nos 31 fragmentos florestais estudados no município de Vassouras, RJ, 2008. Em A - Demarcação da parcela de 1m ² no solo (amostra); B – preparação da serapilheira para peneiração; C – peneiração da serapilheira e D – parcela após a peneiração da serapilheira. Após a amostragem de cada parcela o conteúdo que não passava pela malha do extrator foi colocado de volta no mesmo local para minimizar o impacto das coletas.	28
Figura 5: Média e o desvio-padrão para os atributos ambientais e estruturais medidos na escala do fragmento no município de Vassouras, RJ, 2008. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente (Teste Tukey, P > 0,05). Os dados foram transformados para atender as premissas da estatística paramétrica. (Temp – temperatura; UR – umidade relativa; PS – profundidade da serapilheira; CS – cobertura do solo; CD – cobertura do dossel; Lum – luminosidade; NAR – número de árvores; NAB – número de arbustos e AB – área basal)....	32
Figura 6: Média e o desvio-padrão para os atributos ambientais e estruturais medidos na escala da paisagem no município de Vassouras, RJ, 2008. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente (Teste Tukey, P > 0,05). Os dados foram transformados para atender a estatística paramétrica. (IC – índice de circularidade; ISM; ISP; ISG e IST – índices de isolamento; Faces – mapa das faces de exposição; Relevo – mapa de relevo; Radiação – mapa de radiação solar e Altitude – mapa de altitude).....	33
Figura 7: Mapa de altitude (MDE) do município de Vassouras, Rio de Janeiro.....	37
Figura 8: Mapa de relevo (declividade) do município de Vassouras, Rio de Janeiro.	38
Figura 9: Mapa das faces de exposição do município de Vassouras, Rio de Janeiro.....	39
Figura 10: Mapa de radiação solar do município de Vassouras, Rio de Janeiro.....	40
Figura 11: Distribuição dos fragmentos e suas respectivas paisagens estudadas em Vassouras-RJ (quadrados – paisagem A; triângulos – paisagem B e círculos pretos – paisagem C) usando os eixos 1 e 2 da análise de componentes principais para os atributos ambientais e estruturais na escala dos fragmentos: Lum – luminosidade; Temp – temperatura; UR – umidade relativa; PS – profundidade da serapilheira; CS – cobertura do solo; CD – cobertura do dossel; AB – área basal; NAR – número de árvores e NAB – número de arbustos.	41
Figura 12: Distribuição dos fragmentos florestais e suas respectivas paisagens estudados em Vassouras-RJ (quadrados – paisagem A; círculos brancos – paisagem B e círculos pretos – paisagem C) usando os eixos 1 e 2 da análise de componentes principais para os atributos ambientais e estruturais na escala da paisagem: Relevo – mapa de relevo; Faces – mapa das faces de exposição; Radiação – mapa de radiação solar; Altitude – mapa de altitude; IC – índice de circularidade e ISM – índice de isolamento).	42

Figura 13: Curvas de acumulação de espécies de formigas amostradas por extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança de 95%.....	53
Figura 14: Ordenação dos fragmentos estudados e suas respectivas paisagens no município de Vassouras, RJ, 2008, pelo NMDS através da similaridade de Bray-curtis (Stress = 0,18). Quadrados – paisagem A; triângulos – paisagem B e círculos pretos – paisagem C.....	58
Figura 15: Análise de componentes principais para as 20 espécies mais frequentes nos 31 fragmentos florestais estudados em Vassouras, RJ, 2008: quadrados – paisagem A; triângulos – paisagem B e círculos pretos – paisagem C.	59
Figura 16: A e B: Relações entre a riqueza e composição em espécies de formigas com as variáveis internas e externas dos fragmentos.	61
Figura 17: A e B: Relações entre a riqueza e composição em espécies de formigas com o tamanho dos fragmentos florestais.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fragmentos com tamanho e perímetro nas três paisagens estudadas e propriedades no município de Vassouras, RJ, 2008. As letras maiúsculas se referem a fragmentos maiores que 13 hectares e as letras minúsculas a fragmentos menores com tamanho variando entre 3 – 7,5 hectares.	23
Tabela 2: Percentuais do uso do solo em cada paisagem no município de Vassouras, RJ, 2008.	30
Tabela 3: Valores de Tukey para a análise de variância (ANOVA) entre os atributos ambientais e estruturais na escala dos fragmentos florestais estudados no município de Vassouras, RJ, 2008.	31
Tabela 4: Valores de Tukey para análise de variância (ANOVA) entre os atributos ambientais e estruturais na escala da paisagem no município de Vassouras, RJ, 2008.....	31
Tabela 5: Valores médios para as faces de exposição, radiação solar, altitude e declividade para cada fragmento estudado e para suas paisagens no município de Vassouras, RJ, 2008...	35
Tabela 6: Lista das espécies de formigas por paisagem (A, B e C) e ocorrência no(s) fragmento(s) (1 a 31) e a classe de raridade para as espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.....	45
Tabela 7: Lista das subfamílias, número e percentual de gêneros e espécies em relação ao total amostrado. Número de gêneros e espécies por paisagem das formigas amostradas com extrator de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.	53
Tabela 8: Valores obtidos através do estimador de riqueza Chao2 (\pm intervalo de confiança) de espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ 2008.....	54
Tabela 9: Lista dos gêneros, número de espécies e percentual em relação ao total de espécies no geral e para as três paisagens (A, B e C) amostradas com o extrator de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.	54
Tabela 10: Fragmentos com a riqueza de gêneros e espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler e os percentuais por fragmentos (Fragmentos de 1 à 11 correspondem a paisagem A; 12 à 21 paisagem B e 22 à 31 paisagem C) no município de Vassouras, RJ, 2008.	56
Tabela 11: Número de espécies total e por paisagem nas diferentes classes de raridade para a fauna de formigas de serapilheira amostradas no município de Vassouras, RJ, 2008. As espécies foram consideradas raras localmente quando registradas em uma ou duas amostras de um mesmo fragmento. Raras na paisagem quando registradas em um ou dois fragmentos de uma mesma paisagem e raras regionalmente quando registradas somente em uma das paisagens. As espécies com registro em mais de duas amostras, dois fragmentos ou uma paisagem foram consideradas comuns.	57

RESUMO

VARGAS, André Barbosa. **Diversidade de formigas em fragmentos florestais no Vale do Paraíba, Vassouras, Rio de Janeiro**. 2011. 91p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

A região do Vale do Paraíba, inserida no domínio da Mata Atlântica, apresenta como outras regiões do Brasil um histórico comum de degradação ambiental, ocasionado em princípio pela exploração madeireira, o ciclo do café e posteriormente por outras culturas agrícolas e a pecuária. Atualmente, apesar do notável avanço das pesquisas sobre a biodiversidade neste Bioma, determinados grupos ainda apresentam conhecimento restrito em abrangência geográfica ou mesmo são negligenciados em estudos de conservação e manejo. Neste sentido, o objetivo maior deste estudo foi avaliar a riqueza e composição em espécies de formigas sobre a influência de atributos ambientais e estruturais em fragmentos florestais de diferentes paisagens no município de Vassouras, RJ. O estudo foi realizado no período de março a abril de 2008. A fauna de formigas foi estudada através de 620 amostras de 1m² de serapilheira, submetidas ao extrator de Winkler por 48 horas, distribuídas igualmente em 31 fragmentos florestais, inseridos em três paisagens (A, B e C), compondo um gradiente de cobertura florestal e altitude com distintos usos do solo. Foram obtidas 170 espécies de formigas distribuídas em 10 subfamílias e 49 gêneros, com média de 10 ($\pm 3,3$ de desvio padrão) espécies por metro quadrado. A média de espécies por fragmentos foi de $50 \pm 9,2$. A maior riqueza foi registrada na paisagem A com 133 espécies, sendo 187 estimadas, seguida da paisagem B com 122 spp., sendo 160 estimadas e C com 100 sendo 111 estimadas. As maiores diferenças tanto para a riqueza quanto para a composição foram apontadas entre as paisagens A e C. Apesar de fragmentadas as paisagens estudadas tiveram boa representatividade da fauna de formigas, demonstrando valores distintos para a conservação da biodiversidade. Os resultados mostraram que paisagens mais heterogêneas possuem maior riqueza e sua composição em espécies é mais heterogênea. Embora não tenha sido encontrada relação significativa com o tamanho dos fragmentos a fauna de formigas variou entre as paisagens. Os resultados permitem ainda sugerir que tais diferenças podem estar ainda relacionadas ao estado de sucessão e a composição florística dos fragmentos florestais.

Palavras chave: Fragmentação florestal, Formicidae, serapilheira.

ABSTRACT

VARGAS, André Barbosa. **Ant diversity in forest fragments in the Paraíba Valley, Vassouras county, RJ.** 2011. 91p. (Doctor Science in Environmental and Forest Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2011.

The region of Vale do Paraíba is part of the Atlantic Forest and presents a history of environmental degradation, like many other regions in Brazil, caused at first by wood extraction and coffee plantations, and later by other crops and cattle farming. Now, despite the remarkable headways in this biome's biodiversity research, some groups still show little knowledge of the geographic scope and neglect the research when conducting management and conservation studies. This study's greater objective was to assess the composition and abundance of ant species in different forest fragments in Vassouras, RJ, over the influence of environmental and structural attributes. The research was developed between March and April 2008. The ant fauna was analyzed through 620 litter samples of 1m² each, submitted to the Winkler extractor for 48 hours. They were equally distributed in 31 forest fragments belonging to three different landscapes (A, B and C), creating a gradient of forest covering and altitude with different uses of the soil. 170 ant species were found, belonging to 10 subfamilies and 49 genera, with an average of 10 (± 3.3 of standard deviation) species by square meter. The average of species for fragment was 50 ± 9.2 . The highest richness was found on landscape A with 133 species (187 estimated), followed by B with 122 spp. (160 estimated) and C with 100 (111 estimated). The largest composition and richness differences were found between landscapes A and C. Despite being fragmented, all three landscapes obtained a good representation of the ant fauna, showing distinct values for the biodiversity's conservation. The results showed that more heterogeneous landscapes have greater richness and a more heterogeneous composition of species, although no significant relation to the size of the fragments was found and the ant fauna between landscapes. The results can still suggest that the differences found could be related to the succession state and the floristic composition of the forest fragments.

Key words: Forest fragmentation, Formicidae, litter.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Breve relato histórico e atual da fragmentação na Mata Atlântica.....	17
2.2 Assembléias de formigas e suas relações com a fragmentação florestal e características da paisagem.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Área de estudo: o município de Vassouras.....	21
3.2 Seleção dos fragmentos e paisagens.....	22
3.3 Caracterização dos atributos ambientais e estruturais na escala do fragmento.....	25
3.4 Caracterização dos atributos ambientais e estruturais na escala da paisagem.....	26
3.6 Amostragem da fauna.....	27
3.7 Análise de dados.....	28
3.7.1 Caracterização dos fragmentos e paisagens.....	29
3.7.2 Caracterização da fauna de formigas.....	29
3.7.3 Efeitos dos atributos ambientais e estruturais sobre a fauna de formigas de serapilheira.....	30
4 RESULTADOS	30
4.1 Caracterização da paisagem e fragmentos florestais no município de Vassouras, RJ	30
4.2 Estrutura das comunidades de formigas de serapilheira na região do Vale do Paraíba, RJ43	
4.3 Análise das relações entre o ambiente e a comunidade de formigas de serapilheira em fragmentos florestais no Vale do Paraíba, RJ.....	60
5 DISCUSSÃO.....	62
5.1 Caracterização da paisagem e fragmentos florestais no município de Vassouras, RJ	62
5.2 Estrutura das comunidades de formigas de serapilheira na região do Vale do Paraíba, RJ63	
5.3 Efeito da fragmentação sobre a comunidade de formigas de serapilheira no Vale do Paraíba, RJ.....	65
6 CONCLUSÕES.....	69
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

1 INTRODUÇÃO GERAL

A manutenção da biodiversidade é de extrema importância para a vida no planeta por garantir a continuidade dos processos evolutivos e a manutenção dos serviços ambientais às gerações futuras. Entretanto, em termos globais pode se constatar uma crise de biodiversidade onde espécies estão sendo extintas em um processo extremamente rápido (LAWTON & MAY, 1995). Os principais vetores desta crise estão relacionados a fatores como a destruição de ecossistemas, a exploração inadequada dos recursos naturais, a introdução de espécies exóticas e as mudanças climáticas (LOREAU et al., 2006). Para várias escalas pode se observar um declínio acentuado e com um número considerável de populações e espécies que poderão deixar de existir, talvez ainda neste século (LOREAU et al., 2006).

Por outro lado, a conservação da biodiversidade é componente essencial na busca por um desenvolvimento mais sustentável e, desta forma, esforços que visem conhecer e avaliar a diversidade de vida no planeta são importantes frente à necessidade de se conservar um número maior de espécies e ecossistemas. Deste modo, a demanda por ações deve ser preferencialmente de âmbito global para que se otimizem os recursos na priorização de áreas para conservação da biodiversidade (MYERS & MITTERMEIER, 2003; MITTERMEIER et al., 2004).

Todavia, as circunstâncias atuais não são um problema recente, mas sim resultados de anos de exploração inadequada de recursos naturais e ocupação desordenada do espaço geográfico. É sabido que a pressão antrópica, sobre os ecossistemas, ocorre desde o surgimento dos primeiros hominídeos. Mas com a evolução tecnológica e o constante crescimento da população mundial esta pressão aumentou significativamente, assumindo um patamar preocupante (PRIMACK & RODRIGUES, 2002). Atualmente, a fragmentação florestal que é um processo de ocorrência natural hoje figura entre as mais graves ameaças a biodiversidade (FAHRIG, 2003). Os efeitos principais são a redução na riqueza e mudanças na composição e distribuição da flora e da fauna (BIERREGAARD & GASCON, 2001).

Ações antrópicas tem acelerado e acentuado os efeitos da fragmentação florestal e, em se tratando de ecossistemas terrestres a degradação de habitats como as florestas tropicais envolvem sérios danos a biodiversidade por alterarem processos ecológicos importantes que, afetam a dinâmica de populações e uma enorme diversidade de organismos de maneira direta e/ou indireta (WILSON, 1992). A transformação da paisagem reduzindo grandes florestas a fragmentos florestais de tamanho, forma e grau de isolamento variados se tornou um problema comum em ambientes tropicais (TURNER, 2005). Deste modo, a fragmentação florestal é responsável pela forte redução de formações florestais não só no bioma Mata Atlântica que é um dos ecossistemas mais importantes e ameaçados do mundo (MYERS et al., 2000).

Inicialmente, a Mata Atlântica ocupava uma área de aproximadamente 1,5 milhões de km², cobrindo uma longa faixa de terra ao longo da costa brasileira (GALINDO-LEAL & CAMARA, 2005). A região era ocupada por povos indígenas que praticavam atividades pouco impactantes como, a coleta de frutos, a caça, a pesca e o cultivo de pequena roças para subsistência (SOFFIATTI, 1997; ADAMS, 2000). A agricultura indígena, considerada uma atividade de segundo plano, era praticada em pequena escala e, principalmente, por mulheres e crianças. Os produtos cultivados não eram a principal fonte de alimento, já que utilizavam outros recursos naturais (SOFFIATTI, 1997; ADAMS, 2000). No entanto, em 1500, com a instalação da colônia portuguesa em território brasileiro, a exploração dos recursos naturais passou a ser realizada de forma mais intensa, num processo que teve início com a extração do pau-brasil (YOUNG, 2005). Posteriormente, vieram os ciclos de desenvolvimento agrícola

(cana-de-açúcar, café e cacau) e de pecuária que provocaram grandes mudanças na paisagem, quase devastando por completo o bioma Mata Atlântica (YOUNG, 2005).

Atualmente, a Mata Atlântica brasileira apresenta uma cobertura bem reduzida e bastante fragmentada, correspondendo a menos de 10% daquela encontrada pelos portugueses na época do descobrimento (GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2005). A maioria dos remanescentes e áreas regeneradas se concentram nas regiões Sul e Sudeste (RIBEIRO et al., 2009), formando, em alguns casos, blocos florestais, principalmente no Estado do Rio de Janeiro (ROCHA et al., 2003).

Devido a todo esse histórico de degradação e, por apresentar alta diversidade de plantas, vertebrados e invertebrados com altas taxas de endemismo a Mata Atlântica é considerada área prioritária para a conservação, um *Hotspot* de biodiversidade (MORELLATO & HADDAD, 2000, GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2005). Neste cenário, espécies da flora e da fauna são responsáveis por processos biológicos e ecológicos importantes como a polinização e a decomposição de matéria orgânica (CUMMING, 2007).

Boa parte destas e outras funções como, por exemplo, o controle biológico e a dispersão de semente é realizada por formigas, um grupo com ampla distribuição geográfica, alta abundância e riqueza de espécies e sensíveis a mudanças ambientais (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). A riqueza de espécies de formigas ou ainda a diversidade de grupos funcionais pode ser um indicador ambiental e funcionar como ferramenta para auxiliar no monitoramento ambiental (ANDRESEN, 1995; Delabie et al., 2000; NAKAMURA et al., 2003; PEREIRA et al., 2007; VARGAS et al., 2007; ALONSO, 2010).

De maneira geral, a fragmentação florestal afeta diretamente as formigas, limitando a oferta de recursos alimentares, as áreas de forrageamento, a disponibilidade de nichos e a dispersão de espécies (BENSON & HARADA, 1988). Desta forma, compreender os padrões de riqueza e composição de espécies de formigas em paisagens fragmentadas torna-se necessário para melhor caracterização de como se distribui e se comporta a biodiversidade nestes ambientes.

Estudos prévios mostraram que a riqueza de espécies de formigas pode estar relacionada a complexidade estrutural do ambiente (NAKAMURA et al., 2003; LEPONCE et al., 2004; VARGAS et al., 2007). De maneira geral, em se tratando de ambientes fragmentados, os fragmentos maiores e mais conservados apresentam uma gama maior de opções para a sobrevivência de um número maior de espécies, tendendo a apresentar maior riqueza e composição mais heterogênea da fauna de formigas (VASCONCELOS et al., 2006; SOBRINHO & SHOEREDER, 2006) de opilhões (BRAGAGNOLO et al., 2007) e pequenos mamíferos (UMETSU & PARDINI, 2007). Não apenas o tamanho, mas a forma e o grau de isolamento dos fragmentos são variáveis que podem interferir nos padrões de riqueza e composição de espécies (Santos et al., 2006).

Neste contexto, os objetivos gerais deste estudo foram caracterizar a paisagem em diferentes locais no município de Vassouras, interior do Estado do Rio de Janeiro, região fortemente impactada pelo ciclo econômico do café na segunda metade do século XIX, e analisar a estrutura das assembléias de formigas de serapilheira nos fragmentos florestais, buscando entender a interação entre formigas e ambiente. Os objetivos específicos foram:

- 1- Caracterizar as paisagens e seus fragmentos utilizando atributos ambientais e florestais e identificar possíveis gradientes no município de Vassouras, RJ;
- 2- Descrever a estrutura das assembléias de formigas encontradas nos fragmentos florestais dispostos nas três paisagens;
- 3- Avaliar o efeito dos atributos ambientais e estruturais dos fragmentos florestais e das paisagens sobre a riqueza e composição da fauna de formigas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Breve relato histórico e atual da fragmentação na Mata Atlântica

O atual ritmo de degradação dos recursos naturais desencadeou uma série de problemas ambientais. Entre eles, a destruição e fragmentação de habitats, a extinção de espécies e conseqüentemente, a redução de serviços ambientais importantes para o próprio homem (LOREAU et al., 2006). Ao suprir a demanda por gêneros alimentícios e produtos tecnológicos para uma crescente população mundial, a ocupação do espaço geográfico ocorreu de maneira desordenada, com pouca estratégia e planejamento. Nos dias de hoje, uma maior atenção tem sido dada aos problemas oriundos de tais ações e a busca por um desenvolvimento sustentável tem se mostrado como uma alternativa necessária e viável para a minimização dos impactos (TABARELLI & GASCON, 2005). Além disso, existe a necessidade de maior integração entre as políticas conservacionistas e o conhecimento científico na elaboração de medidas para a conservação da biodiversidade, visando maior sustentabilidade (TABARELLI & GASCON, 2005).

Em florestas tropicais a exploração de madeira e a expansão da fronteira agrícola devastaram e degradaram grandes extensões de terra, reduzindo uma cobertura de 16 milhões de km² para menos de 50% (MYERS et al., 2000). No caso da Mata Atlântica, que originalmente ocupava uma longa extensão de área (1,5 milhões de km²) ao longo da costa brasileira, indo do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, restam menos de 10% de toda sua cobertura original (GALINDO-LEAL & CAMARA, 2005). Os remanescentes ainda estão sujeitos a pressão antrópica, já que grande parte da população brasileira reside na região do domínio da Mata Atlântica (YOUNG, 2005). Este elevado estado de degradação aliado a presença de um grande número de espécies endêmicas, tornaram o bioma uma área prioritária para a conservação da biodiversidade – *hotspot* (MYERS et al., 2000; MORELLATO & HADDAD, 2000).

No Estado do Rio de Janeiro, os fragmentos remanescentes e as regenerações, mesmo que em estágios iniciais, formam blocos florestais (ROCHA et al., 2003). Estes blocos são de fundamental importância na conservação da biodiversidade e demandam ações conservacionistas consistentes para seu manejo e conservação. Diminuir o isolamento, controlar a introdução de espécies exóticas e a incidência de fogo, além de promover o reflorestamento e proteger o que ainda resta de cobertura florestal são algumas das principais ações (TABARELLI & GASCON, 2005). No entanto, o conhecimento científico existente sobre o valor desses remanescentes na conservação da biodiversidade ainda é pouco e, essencial para subsidiar à implementação de tais ações. Desta forma, estudos são necessários para caracterização dos elementos bióticos e abióticos destes fragmentos florestais, bem como das paisagens nas quais estão inseridos. Esse é um passo inicial para que se possa posteriormente estudar o status de conservação da biodiversidade nestas áreas. Somente neste sentido é que ações conservacionistas poderão permitir a regeneração natural, revertendo o avançado e atual estado de degradação (ROCHA et al., 2003).

Os ciclos de desenvolvimento agrícola no Brasil foram marcados pela degradação ambiental em virtude do não conhecimento de técnicas adequadas, da falta de tecnologias apropriadas, do lucro imediato e da inexistência de leis ambientais (STEIN, 1985; DEAN, 1996). Na região do Vale do Paraíba a degradação da Mata Atlântica foi intensa, principalmente com a implantação do cultivo do café. Agricultores da época acreditavam que as terras ocupadas por florestas eram as mais férteis para o cultivo e esse pensamento acarretou um intenso processo de desmatamento, substituindo florestas intactas por roças de café. Posteriormente, com a abolição e o empobrecimento das terras, a atividade se tornou

secundária e as fazendas tiveram suas atividades diversificadas (STEIN, 1985). Com todo esse histórico o Vale do Paraíba teve sua paisagem bastante alterada, refletindo o legado da intensa ação antrópica sobre o ambiente. Hoje, a região é uma das mais importantes áreas industriais do país e apresenta em seus relevos mais íngremes e/ou de difícil acesso, coberturas florestais em avançado processo de regeneração em alguns casos. Além disso, outras formações importantes como a Reserva Biológica do Tinguá e o Parque Estadual da Serra da Concorórdia são exemplos de formações florestais próximas a região de Vassouras.

O município de Vassouras é um bom exemplo do que ocorreu no Vale do Paraíba. Vassouras viveu o apogeu do ciclo do café, chegando a ser o maior produtor de café no mundo, entre 1850 a 1900 e como consequência teve suas florestas depauperadas (STEIN, 1985). Atualmente, o município se apresenta como um mosaico de fragmentos florestais em diferentes estágios de sucessão e imersos em uma matriz composta predominantemente por áreas de pastagem e, em alguns casos, áreas agrícolas e solo exposto (REZENDE, 2007). Desta forma, o município se torna um importante campo experimental para se avaliar o grau de conservação da biodiversidade em paisagens degradadas e como atributos ambientais e estruturais influenciam parâmetros ecológicos em comunidades de formigas.

2.2 Assembléias de formigas e suas relações com a fragmentação florestal e características da paisagem

Organismos eussociais, as formigas são extremamente abundantes e dominantes no planeta (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990) e sua existência é relatada há aproximadamente 100 milhões de anos (FERNANDEZ, 2003). Atualmente, estão descritas 14.122 espécies (<http://www.antweb.org>), sendo que 2.500 podem ser encontradas no Brasil (LEWINSON et al., 2005). Destaca-se ainda a ampla distribuição geográfica e o grande número de espécies (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990) deste grupo. Além disso, exceto por alguns gêneros hiperdiversos, sua taxonomia é relativamente bem estabelecida e de certa forma são fáceis de serem coletadas (ROMERO & JAFFÉ, 1989; AGOSTI & ALONSO, 2000).

Em relação a estrutura de habitats as formigas apresentam forte relação (ANDERSEN, 1995; PARR & CHOWN, 2001; LASSAU & ROCHULI, 2004), possuindo maior riqueza e diversidade em ambientes com maior complexidade estrutural (SOBRINHO & SCHOEREDER, 2006; VARGAS et al., 2007). Sensíveis a alterações ambientais, podendo apresentar redução na diversidade em consequência de mudanças na estrutura da vegetação e no solo (DIAS et al., 2008, SCHMIDT & DIEHL, 2008). Vários estudos já demonstraram haver uma forte relação entre a estrutura da vegetação com a riqueza e composição de espécies de formigas (SILVA et al., 2007, VARGAS et al., 2007, DIAS et al., 2008; SCHMIDT & DIEHL, 2008, GOMES et al. 2010a).

No Estado do Rio de Janeiro, sob domínio da Mata Atlântica, estudos revelaram alta riqueza em espécies de formigas em florestas ombrófilas (VEIGA-FERREIRA et al., 2005; SCHUTTE et al., 2007), restinga (VARGAS et al., 2007), área reabilitada (PEREIRA et al., 2007) e campos de altitude (MARTINS, 2011). No entanto, a riqueza e composição em espécies de áreas não legalmente protegidas e inseridas em paisagens degradadas ainda carecem de maiores estudos.

Na região do domínio da Mata Atlântica muitas áreas de florestas se encontram em propriedades particulares. São formações florestais em diferentes estágios de regeneração que por motivos diversos tiveram as atividades agrícolas e pecuária reduzidas e/ou passaram a ser desenvolvidas em menor escala. Desta forma, o processo de fragmentação florestal que se

caracteriza pelo rompimento de florestas contínuas em manchas de vegetação é bem evidente. Por sua vez, os fragmentos restantes acabam funcionando como “ilhas de diversidade” em meio a uma matriz com diversos usos de solo (DEBINSKI & HOLT, 2000). A matriz, na grande maioria dos ambientes terrestres, é constituída por pastagem (TURNER, 2005) e, pode ser a unidade dominante na paisagem (METZGER, 2001). Desta forma, o processo de fragmentação torna a paisagem um mosaico constituído por fragmentos florestais de tamanhos, formas e graus de isolamento variados imersos em uma matriz homogênea em termos estruturais.

Em alguns casos, na disposição deste mosaico, pode se observar a formação de corredores ecológicos que, são importantes para o fluxo de espécies, diminuindo o isolamento entre as populações (BAGUETTE & DYCK, 2007). Assim, a fragmentação florestal tem como consequência mais grave a perda de habitats e espécies (FAHRIG, 2003). Assim, seus efeitos, na maioria das vezes, são negativos e alteram a dinâmica de processos biológicos importantes, reduzindo a riqueza, abundância e diversidade, além de alterar a composição de espécies nos diferentes níveis tróficos (DIDHAM et al., 1996). Ao reduzir a população de decompositores, herbívoros, predadores e parasitóides o processo de fragmentação florestal ocasiona uma série de mudanças, influenciando a biodiversidade, que nas florestas tropicais é representada em grande parte por artrópodes (WILSON, 2003). A elevada diversidade deste grupo se deve, em parte, a camada de serapilheira, composta basicamente pela deposição de folhas, galhos e animais mortos. A serapilheira associada a temperatura e umidade elevadas, proporciona a esses organismos os recursos e as condições apropriadas para a vida (DOWNIE et al., 1999). Uma rica e abundante fauna de artrópodes pode ser encontrada nesses ecossistemas, tornando-se a base da cadeia alimentar (HÖFER et al., 2001).

A fragmentação florestal pode ainda ocasionar mudanças nas condições ambientais internas e externas dos fragmentos. Esses podem ser diferentes, por exemplo, em relação a profundidade da serapilheira, o percentual de cobertura do solo por serapilheira e o percentual de cobertura do dossel. Segundo OLIVER et al. (2000) essas variáveis, juntamente com a temperatura e umidade, seriam as que mais influenciariam a diversidade de formigas de serapilheira. NAKAMURA et al. (2003) constataram que a profundidade de serapilheira foi a variável mais importante e que explicou a variação na riqueza de formigas. Para o ambiente de restinga, VARGAS et al. (2007) verificaram que a riqueza de formigas variou em relação às fitofisionomias, com destaque para a profundidade da serapilheira e a temperatura como as variáveis mais importantes que explicaram a variação da riqueza em espécies. Em fragmentos florestais no sul de Minas Gerais, GOMES et al. (2010a) verificaram que a riqueza de formigas estava relacionada com a riqueza de plantas.

No entanto, as condições internas são influenciadas pelo tamanho, forma e o grau de isolamento dos fragmentos e cujos efeitos podem variar de espécie para espécie (LAURANCE et al., 2002). Em fragmentos florestais na Mata Atlântica os estudos de SANTOS et al. (2006) e GOMES et al. (2010a) não encontraram relação entre a riqueza em espécies e o tamanho dos fragmentos. Já BIEBER et al. (2006) demonstraram esta relação em fragmentos florestais no nordeste do Brasil. SOBRINHO & SCHOEREDER (2006) apontaram para distinções em termos da composição em espécies, mas não para a riqueza. Na Amazônia, CARVALHO & VASCONCELOS (1999) não encontraram relação entre a riqueza de formigas e o tamanho dos fragmentos. Por outro lado, VASCONCELOS et al. (2006) observaram para a riqueza e a composição em espécies de formigas uma relação com o tamanho do fragmento. Observaram ainda que a riqueza e a composição não foram afetadas pela forma e pelo grau de isolamento dos fragmentos florestais. No entanto, a Mata Atlântica se encontra muito mais fragmentada e as grandes formações florestais normalmente muito mais isoladas, compondo, portanto, uma paisagem distinta das estudadas na Amazônia. Os

resultados também sugerem que os padrões podem ser regulados por outros fatores e não somente pela área, forma e isolamento dos fragmentos florestais.

O relevo, a altitude, a posição e exposição na paisagem, o uso e o tipo de solo também podem influenciar as comunidades de organismos direta e indiretamente. VASCONCELOS et al. (2003) não verificaram diferenças significativas para a riqueza de formigas em relação a topografia, atribuindo a variação observada à textura do solo e a composição da vegetação. ARAUJO & FERNANDES (2003) verificaram a diminuição na riqueza de formigas em altitudes mais elevadas. As assembléias de formigas também podem ser influenciadas pela posição e exposição dos fragmentos florestais na paisagem indiretamente, pois a orientação de uma encosta influencia a composição da vegetação (OLIVEIRA et al., 1995). DIAS et al. (2008) e SCHMIDT & DIEHL, (2008) constataram a influência do uso do solo sobre a fauna de formigas que habita a interface solo-serapilheira, registrando menor riqueza em áreas com maior intensidade de uso do solo. Atributos do solo foram estudados por GOMES *et al.* (2010b) que constataram maior riqueza de formigas para ambientes de mata acompanhada da maior disponibilidade de carbono.

Além disso, a identificação de padrões de distribuição da diversidade de organismos é de fundamental importância, tanto para a determinação de áreas prioritárias para conservação (LOYOLA et al., 2009), quanto para o monitoramento da biodiversidade. Para esta finalidade têm sido utilizadas espécies ou grupos de espécies como bioindicadores das alterações ambientais. No entanto, embora exista um consenso de que a comunidade de invertebrados nos trópicos compreenda uma estimativa de 94% da biomassa animal (FITTKAU & KLINGE, 1973) e que possa representar cerca de 60% de todos os animais formalmente descritos no planeta (STORK, 1993) - tais comunidades são negligenciadas ou pouco utilizadas para este fim - sendo aves, répteis e mamíferos os mais utilizados (BROWN, 1997).

O potencial bioindicador de grupos como formigas, centopéias, milípedes, isópodes e anfípodes já foram testados em diversos estudos com bons resultados (NAKAMURA et al., 2003; DELABIE et al., 2006; UEHARA-PRADO et al., 2009). São organismos sensíveis às alterações do habitat, apresentando forte correlação com variáveis ambientais, como temperatura do solo, profundidade da serapilheira e altura do dossel (NAKAMURA et al., 2003). Também podem apresentar mudanças em sua densidade com relação à produtividade local (HÖFER et al., 2001). Dentre estes grupos as formigas se destacam por desempenharem várias funções ecológicas importantes nos ecossistemas terrestres. Ainda participam de processos como a polinização, dispersão de sementes, regulação de populações de outras espécies e ciclagem de nutrientes através da fragmentação e ingestão de material da serapilheira, além de interagir com os microorganismos que decompõem e mineralizam os detritos (HOLLDOBLER & WILSON, 1990; DEMARCO & COELHO, 2004; CUMMING, 2007).

De maneira geral, as comunidades de formigas estão fortemente relacionadas com a estrutura e composição da vegetação, seja diretamente através dos recursos que são oferecidos pelas plantas, seja indiretamente através das condições ambientais como a temperatura e umidade que influenciam a atividade de forrageio, instalação das colônias e a cobertura vegetal existente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo: o município de Vassouras

O município de Vassouras está localizado no interior do Estado do Rio de Janeiro, no Vale do Paraíba, estando a cidade de Vassouras a 434 metros de altitude (22°24'14" S e 43°39'45" O). Atualmente, sua população é de aproximadamente 35.000 habitantes com área territorial de 552 km² (IBGE, 2010). O município faz parte da região centro-sul do estado do Rio de Janeiro, sob domínio da Mata Atlântica. O clima da região é o mesotérmico úmido Cwa. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e do mês mais frio é inferior a 18°C, com estação seca no inverno.

A geologia da região está enquadrada no complexo Paraíba do Sul com origem no período arqueano entre 3,8 a 2,5 bilhões de anos atrás (RADAMBRASIL, 1983). Dobramentos da mesma camada (sinclinal) ocorreram na região do Vale do Paraíba que se caracteriza por um alinhamento seguido de camadas de terreno que formam os vales que se curvam em direções opostas, a partir de rochas pré-cambrianas entre a Serra do Mar até a Serra da Mantiqueira (RADAMBRASIL, 1983) (Figura 1A e B).





Figura 1 A e B: Em A - Ilustração do relevo e cobertura vegetal. Em B – visão externa de um dos fragmentos estudados e da matriz composta por pastagem, comum a grande maioria dos fragmentos estudados no município de Vassouras – RJ.

3.2 Seleção dos fragmentos e paisagens

A seleção dos fragmentos florestais foi realizada com base em imagens obtidas pelo satélite Quickbird em 2006 e trabalhadas no programa ArcGIS versão 9.3. Foram selecionados 31 fragmentos florestais e mensurados o perímetro e o tamanho em hectares de cada um (Tabela 1), os quais estão dispostos em três paisagens, denominadas A, B e C. Em cada paisagem foram marcados 10 fragmentos florestais, exceto na paisagem A onde também foi marcado um fragmento de 780 hectares (Figura 2). A paisagem A se caracteriza por uma maior cobertura florestal e altitude seguida da paisagem B e C.

Após a delimitação dos fragmentos foi gerado um “*buffer*” (circunferências), através da ferramenta “*Analysis tools>proximity>buffer*” com um raio de quatro quilômetros, a fim de estimar as porcentagens de áreas ocupadas por floresta e outros usos da terra como pastagem, agricultura, reflorestamento, solo exposto, água e área urbana; em cada paisagem.

Tabela 1: Fragmentos com tamanho e perímetro nas três paisagens estudadas e propriedades no município de Vassouras, RJ, 2008. As letras maiúsculas se referem a fragmentos maiores que 13 hectares e as letras minúsculas a fragmentos menores com tamanho variando entre 3 – 7,5 hectares.

Fragmentos	Perímetro (m)	Área (ha)	Nome das propriedades	Coordenadas
FC	37570,64	780	Faz. Galo Vermelho	22°26'44"S/43°39'57"W
A1	2302,63	31,20	Faz. das Accácias	22°25'20"S/43°41'26"W
A2	2258,45	30	Faz. Cachoeira Grande	22°26'36"S/43°41'33"W
A3	4463,72	35,53	Colônia de Férias	22°27'05"S/43°38'38"W
A4	2948,16	31	Faz. Sr. Júlio	22°25'48"S/43°40'24"W
A5	3683,67	27,89	Faz. Cachoeira	22°27'48"S/43°42'27"W
a1	929,32	3,55	Faz. Triunfo	22°27'35"S/43°41'36"W
a2	1523,57	5,60	Faz. Cachoeira Grande	22°27'06"S/43°42'03"W
a3	1294,02	5,96	Faz. Galo Vermelho	22°27'38"S/43°39'26"W
a4	1170,83	6	Colônia de Férias	22°27'41"S/43°38'55"W
a5	1056,34	5,80	Colônia de Férias	22°27'50"S/43°38'48"W
B1	2159,78	21,87	Faz. São Fernando	22°20'18"S/43°31'37"W
B2	2977,02	30,10	Faz. Cananéia	22°21'43"S/43°34'24"W
B3	2019,11	16,73	Faz. Medeiros	22°19'38"S/43°33'21"W
B4	2094,50	20	Faz. Medeiros	22°19'08"S/43°33'18"W
B5	2832,24	22,62	Faz. Edvaldo	22°20'15"S/43°33'54"W
b1	1312,29	6	Faz. Luciano	22°20'03"S/43°32'57"W
b2	1393,36	8,40	Faz. Prosperidade	22°19'30"S/43°32'45"W
b3	1226,19	8,20	Faz. Sr. Gregório	22°19'49"S/43°32'07"W
b4	923,71	6	Sítio São Jorge	22°18'45"S/43°33'07"W
b5	1122,43	6	Faz. São José	22°22'07"S/43°33'45"W
C1	2458,99	17,73	Faz. Ubá	22°14'57"S/43°27'30"W
C2	2469,96	27,63	Faz. São Luís da Boa Sorte	22°17'01"S/43°29'07"W
C3	1617,10	13	Faz. Ubá	22°14'18"S/43°27'43"W
C4	1644,01	13,40	Faz. Ubá	22°14'38"S/43°27'32"W
C5	1835,65	14,80	Faz. São Luís da Boa Sorte	22°17'43"S/43°28'22"W
c1	894,53	3,50	Faz. Ubá	22°15'01"S/43°27'09"W
c2	902,40	4,10	Faz. Ubá	22°14'11"S/43°27'55"W
c3	1379,58	4,30	Faz. Ubá	22°15'09"S/43°27'20"W
c4	931,82	5,97	Faz. São Luís da Boa Sorte	22°17'35"S/43°27'54"W
c5	1228,73	5,89	Faz. São Luís da Boa Sorte	22°17'18"S/43°27'31"W

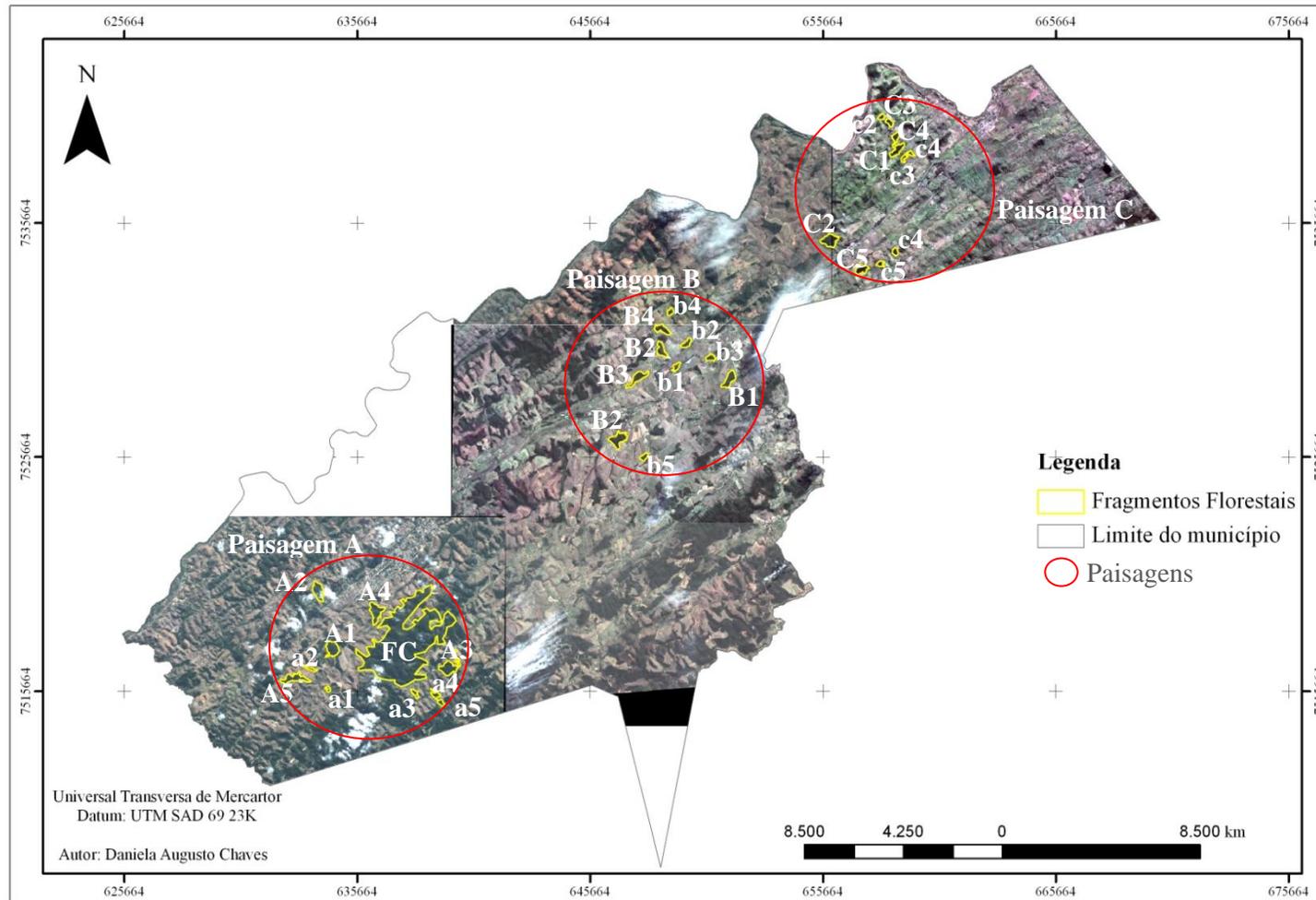


Figura 2: Município de Vassouras com as três paisagens (A, B e C) estudadas. Os 31 fragmentos florestais estão contornados em amarelo e com raio de 4km, em vermelho a circunferência usada para analisar o uso do solo.

3.3 Caracterização dos atributos ambientais e estruturais na escala do fragmento

Para a caracterização dos atributos ambientais e estruturais na escala dos fragmentos florestais foram medidas as seguintes variáveis: I- Temperatura do solo (Temp); II- umidade relativa da serapilheira (UR) – ambos medidos com auxílio de um aparelho Termohigrômetro digital, “Termo Meter” (Figura 3A); III- Profundidade de serapilheira (PS) - medida com auxílio de uma régua, graduada em milímetros (Figura 3B). IV- Luminosidade – aferida com auxílio de um luxímetro digital (Figura 3A). Estes quatro atributos foram medidos ao lado de cada parcela de 1m² demarcada no solo para a amostragem da fauna de formigas que será descrita mais adiante. Portanto, foram tomadas 20 medidas em cada fragmento florestal. V- Porcentagem de cobertura do solo por serapilheira (CS) - medida com um auxílio de um aparato de madeira com 250 cm², sendo o mesmo dividido em 25 quadrados de 10 cm² cada. Este aparato foi colocado no solo de maneira arbitrária e a partir de então se fazia a contagem dos quadrados totalmente preenchidos por serapilheira. Foram tomadas quatro medidas para que juntas totalizassem 1 m² e, posteriormente com o número de quadrados preenchidos nas quatro medidas foi calculado o percentual do solo coberto por serapilheira para as 20 parcelas de amostragem da fauna de formigas em cada fragmento (Figura 3C); VI- Porcentagem de cobertura do dossel (CD) – em cada um dos 20 parcelas demarcadas para a amostragem da fauna foram retiradas fotografias do dossel, posicionando a câmera fotográfica a altura da cintura, aproximadamente 1 m do solo. Cada foto foi quadriculada (3 X 3 cm) e, posteriormente, contado o número de quadrados totalmente preenchidos pelo dossel; VII- Número de árvores (NAR) – em cada fragmento foram demarcadas seis parcelas de 3 x 3 m (9 m²), totalizando 36 m² por fragmento florestal. No interior destas parcelas as espécies vegetais com circunferência maior que 5 cm foram contadas e tiveram seu CAP aferido (Figura 3D); VIII- Número de arbustos (NAB) – nas mesmas parcelas utilizadas para o número de árvores também foram contabilizados os arbustos; e IX) Área basal (AB) – calculada com o CAP das árvores medidas nas parcelas de 3 x 3 m.



Figura 3: A, B, C e D: medições dos atributos ambientais e estruturais na escala dos fragmentos florestais estudados no município de Vassouras, RJ, 2008. Em A – Temperatura do solo, umidade relativa e luminosidade; B – Profundidade de serapilheira; C cobertura do solo por serapilheira e em D – circunferência a altura do peito (CAP) usado para o cálculo da área basal.

3.4 Caracterização dos atributos ambientais e estruturais na escala da paisagem

Na escala da paisagem foram utilizados quatro índices de isolamento propostos por METZGER (2003): o índice ISPf mede a distância do fragmento mais próximo; o ISGf mede a distância do fragmento maior mais próximo; o ISTf faz uma média entre todas as distâncias de todos os fragmentos vizinhos e o ISMf mede as distâncias de todos os fragmentos vizinhos e calcula uma média ponderada pela área de todos estes fragmentos. Todos estes índices consideram a distância mais curta entre os fragmentos, ou seja, a menor distância entre as bordas. Para caracterizar o isolamento foi confeccionado um “*buffer*”, com circunferência de 1 Km de raio sobre cada fragmento estudado. Em seguida foram medidas as distâncias (borda a borda) entre todos os fragmentos envolvidos pelo *buffer*. Os fragmentos que tinham somente uma porção de área dentro do *buffer* também foram avaliados e todos, sem exceção, tiveram o seu tamanho e perímetro mensurados.

Outro atributo foi o índice de circularidade proposto por CHATURVEDI (1926), citado por OLIVEIRA et al. (2005) e GREGGIO et al. (2009), determina uma tendência ao formato dos fragmentos e exprime a relação entre a borda e o interior para inferir sobre o efeito de borda em fragmentos florestais. Dessa forma, aqueles fragmentos com tendência ao formato mais arredondado apresentam índice de circularidade próximo de 1 e representam um menor efeito de borda. Por outro lado, à medida que o índice se distancia de 1 o fragmento tem uma tendência a ser mais alongado e, portanto, com maior efeito de borda. Para a determinação deste índice se usa a seguinte equação - $IC=40000.\pi.A/P^2$. Onde, IC = Índice de circularidade, A = Área em há e P = perímetro do fragmento em metros.

Para a caracterização da geoforma foram utilizados os dados vetoriais gerados no formato *shapefile* do próprio programa ArcGIS versão 9.3. com base no sistema de coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*) e datum SAD 69 (*South America Datum* de 1969). As bases cartográficas de Vassouras, Barra do Pirai, Paraíba do Sul, Valença, Paracambi e Paty do Alferes tiveram seus temas vetoriais unidos e recolocados dentro do limite do município. A base cartográfica utilizada para a produção do mapa de altitude - modelo digital de elevação (MDE) (altitude) foi obtida a partir de dados SRTM da Embrapa Monitoramento por Satélite. (RESENDE, 2007).

A partir do MDE foi gerado o mapa de declividade (relevo), com o modelo digital de elevação, usando o comando *slope* (em *statistic>>surface analysis*). O relevo foi reclassificado segundo a proposta da EMBRAPA (1999), porém modificando a unidade de porcentagem para graus.

O mapa de orientação das encostas ou faces de exposição foi confeccionado a partir do modelo digital de elevação, utilizando o comando *aspect* (em *statistic>> surface analysis*). Em seguida as faces de orientação foram reclassificadas e separadas em 4 classes: norte, sul, leste e oeste. A face norte foi determinada entre 315° e 45°, a leste entre 45° e 135°, a sul entre 135° e 225° e a oeste entre 225° e 315°, todas tendo como zero a orientação norte do mapa.

Para a elaboração dos mapas de radiação (global) executou-se o comando Radiação Solar do ArcGis 9.3 considerando o período de 12 meses, de julho de 2009 a junho de 2010. Os quatro parâmetros utilizados na caracterização da geoforma também foram utilizados como atributos da paisagem.

3.6 Amostragem da fauna

A fauna de formigas foi amostrada com o extrator de Winkler, descrito em BESTELMEYER et al. (2000), em cada fragmento florestal. Em cada fragmento foram distribuídas arbitrariamente 20 parcelas de um metro quadrado, distantes no mínimo 10 m entre si, constituindo as unidades amostrais. Após o peneiramento da serapilheira e individualização das amostras no campo, estas foram transportadas para o laboratório, onde permaneceram por 48 horas nos extratores (Figura 4 A, B, C e D). Para minimizar os efeitos temporais a cada dois dias (48 horas) foram amostrados dois fragmentos de cada paisagem, alternando-se as paisagens. As amostragens foram realizadas sempre pela manhã no período de março à maio de 2008. Foram gastos 110 dias para amostrar os 31 fragmentos florestais.

Posteriormente, o material coletado foi triado e morfoespeciado, sendo que um exemplar de cada morfoespécie foi montado em via seca e depositado na Coleção Entomológica Ângelo Moreira da Costa Lima (CECL) do Instituto de Biologia da UFRRJ. Os gêneros foram identificados com base na chave de BOLTON (1994) e as subfamílias de acordo com a nova proposta de BOLTON (2003). As identificações ao nível de espécie foram realizadas, quando possível, através de chaves contidas em revisões taxonômicas disponíveis e por meio de comparações com exemplares da Coleção – CECL.

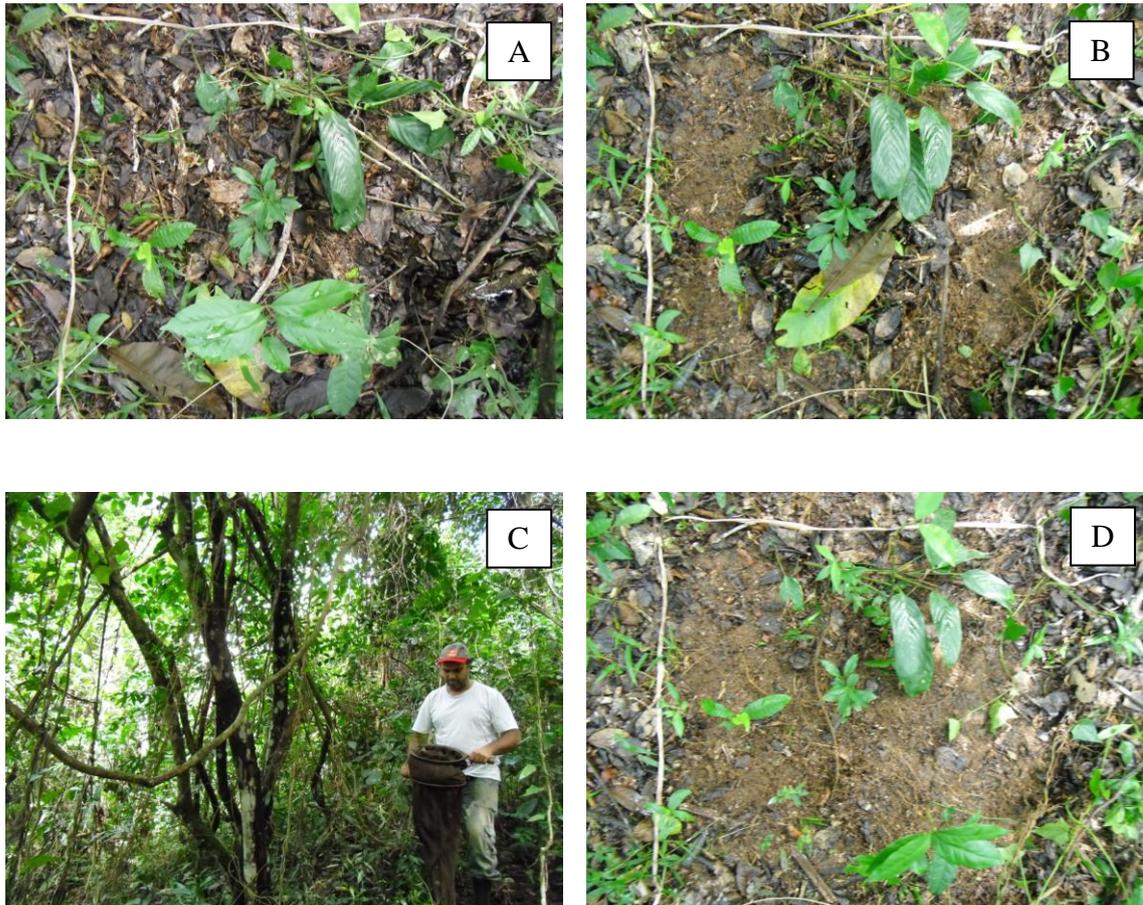


Figura 4: A, B, C e D: Processo para amostragem da fauna de formigas de serapilheira nos 31 fragmentos florestais estudados no município de Vassouras, RJ, 2008. Em A - Demarcação da parcela de 1m² no solo (amostra); B – preparação da serapilheira para peneiração; C – peneiração da serapilheira e D – parcela após a peneiração da serapilheira. Após a amostragem de cada parcela o conteúdo que não passava pela malha do extrator foi colocado de volta no mesmo local para minimizar o impacto das coletas.

3.7 Análise de dados

Na análise dos dados os atributos ambientais e estruturais na escala do fragmento em porcentagem (CS - cobertura do solo por serapilheira e CD - cobertura do dossel) foram transformadas para arco seno devido aos valores em porcentagem. Em seguida estas e todas as demais variáveis foram padronizadas subtraindo sua média do valor de cada observação divididos pelo desvio padrão. Esta transformação é denominada **Z – score** (GOTELII & ELLISON, 2011) e padroniza a discrepância dos dados.

3.7.1 Caracterização dos fragmentos e paisagens

Os atributos ambientais e estruturais foram analisados em duas escalas (fragmentos e paisagens). Para verificar a relação entre os fragmentos e paisagens todos os atributos foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) com os fragmentos e paisagens como variáveis independentes e os atributos como dependentes. Em todas as análises os dados foram transformados para a adequação a estatística paramétrica, quando necessário.

Para verificar a distribuição dos fragmentos e paisagens foi realizada uma análise de componentes principais (PCA). Na escala dos fragmentos os atributos foram: profundidade da serapilheira, cobertura do solo por serapilheira, porcentagem de cobertura do dossel, área basal, número de árvores, número de arbustos, temperatura do solo, umidade relativa da serapilheira e luminosidade. Na escala da paisagem os atributos foram ISM, IC, Faces, Relevo, Radiação e Altitude. Para a análise foram utilizados os valores médios de cada atributo.

3.7.2 Caracterização da fauna de formigas

As estimativas de riqueza em espécies foram obtidas pelo estimador não-paramétrico Chao2 com auxílio do programa EstimateS® versão 8 (COLWELL, 2006).

Para inferir sobre a raridade das espécies foi criado um critério baseado na frequência de ocorrência das espécies. Em relação aos fragmentos as espécies foram consideradas **raras localmente**, quando registradas em uma ou duas amostras de um mesmo fragmento; e **comuns localmente**, quando registradas em mais de duas amostras do mesmo fragmento. As espécies foram consideradas **raras na paisagem** quando foram registradas em um ou dois fragmentos de uma mesma paisagem e **comuns na paisagem** quando registradas em mais de dois fragmentos de uma mesma paisagem. Em uma escala ainda maior, as espécies foram consideradas **raras regionalmente**, quando registradas somente em uma das paisagens estudadas e **comuns regionalmente** quando registradas em mais de uma paisagem. Desta forma, cada espécie foi codificada com três letras, sendo (R) para rara e (C) para comum, onde a primeira letra se refere a escala local (dentro dos fragmentos), a segunda se refere a escala da paisagem (entre fragmentos) e a terceira letra se refere a escala regional (entre paisagens). A frequência das diferentes possibilidades (raras ou comuns) foi testada com o teste de Qui-Quadrado (ZAR, 1999).

Para avaliar a riqueza de espécies entre as paisagens foi realizada a análise de variância ANOVA, utilizando o número de espécies de cada fragmento como variável dependente e as paisagens como variáveis independentes. Já para analisar a composição de espécies entre as paisagens foi confeccionada uma matriz da frequência de registro de cada espécie nos fragmentos. Em seguida, foi utilizado o índice de Bray-Curtis para calcular a matriz de similaridade e realizada uma análise de ordenação (NMDS) com apenas uma dimensão que posteriormente, compôs a variável dependente (composição de espécies) e as paisagens como fatores de uma ANOVA.

Para avaliar a similaridade entre os fragmentos e paisagens foi utilizado a mesma matriz de frequência com a similaridade de Bray-curtis. Em seguida a ordenação pelo escalonamento multidimensional não métrico (NMDS).

Para verificar a distribuição das espécies nas paisagens foram utilizadas as 20 espécies mais frequentes nos fragmentos através de uma análise de componentes principais (PCA). As análises foram realizadas através dos programas PAST versão 2.07 (HAMMER *et al.*, 2001) e SYSTAT® versão 11.0.

3.7.3 Efeitos dos atributos ambientais e estruturais sobre a fauna de formigas de serapilheira

Em cada fragmento e paisagem foram contabilizadas as riquezas em espécies (número de espécies) e a frequência de registro nas amostras. Para inferir sobre a composição em espécies foi utilizado o mesmo eixo do NMDS descrito anteriormente. Este eixo foi usado nas demais análises para inferir sobre a composição em espécies de formigas. Com os atributos ambientais e estruturais foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) com os valores médios para cada atributo de cada fragmento. As variáveis ISPf, ISGf e ISTf (índices de isolamento) não entraram na análise por variarem pouco. O primeiro eixo desta análise foi usado para verificar o efeito dos atributos sobre a riqueza e composição em espécies através de regressões lineares. Nas regressões que avaliaram o tamanho dos fragmentos, o fragmento (FC) foi excluído da análise por apresentar valor extremo de tamanho (*outlier*). O resíduo de cada regressão (riqueza e composição em espécies com os atributos) foi avaliado por uma análise de variância (ANOVA) com as paisagens como fatores. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa SYSTAT® versão 11.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização da paisagem e fragmentos florestais no município de Vassouras, RJ

O percentual de cobertura florestal foi maior na paisagem (A) 47%, seguida da paisagem (B) 24% e (C) 12%. Inversamente, o percentual de pastagem foi maior na paisagem (C) 87%, seguida da paisagem (B) 71% e paisagem (A) 45%. Os outros usos da terra como agricultura, área urbana, solo exposto, água e reflorestamento apresentaram percentuais abaixo de 10%. As paisagens A, B e C representam, portanto, um gradiente de cobertura florestal no município de Vassouras, RJ (Tabela 2) (Figura 2).

Tabela 2: Percentuais do uso do solo em cada paisagem no município de Vassouras, RJ, 2008.

Usos do solo	Paisagens		
	A	B	C
Agricultura	0,08	3,34	0,27
Água	0,15	-	0,42
Capoeira	9,90	23,26	7,04
Mata	37,27	1,15	5,24
Pastagem	44,86	71,09	86,97
Reflorestamento	1,18	-	-
Solo exposto	0,02	1,16	0,06
Urbano	6,55	-	-
Total de área	100	100	100

Os atributos ambientais e estruturais na escala do fragmento apresentaram diferenças significativas em alguns casos (Figura 5). Na escala dos fragmentos as variáveis NAR

(número de árvores) e área basal (AB) foram as mais importantes. Na escala da paisagem nenhuma diferença significativa foi registrada entre as paisagens A e B. Entre as paisagens B e C somente a temperatura variou significativamente. Já entre as paisagens A e C foram observadas maiores diferenças (Tabela 1 e Tabela 3).

Tabela 3: Valores de Tukey para a análise de variância (ANOVA) entre os atributos ambientais e estruturais na escala dos fragmentos florestais estudados no município de Vassouras, RJ, 2008.

Variáveis/Paisagens	A - B	A - C	B - C	Tamanho do Fragmento
Temperatura °C	0,953	0,037*	0,022*	0,907
Umidade Relativa %	0,739	0,521	0,936	0,456
Profundidade de serapilheira (cm)	0,290	0,018*	0,357	0,729
Cobertura do solo%	0,516	0,016*	0,184	0,287
Cobertura do dossel%	0,825	0,078	0,250	0,408
Luminosidade	0,823	0,015*	0,066	0,588
Nº. de árvores	0,098	0,008*	0,544	0,003*
Nº. de arbustos	0,757	0,768	1,000	0,214
Área basal	0,573	0,115	0,565	0,006*

*valores significativos (P<0,05).

Os atributos ambientais e estruturais na escala da paisagem apresentaram valores significativos para alguns casos. Os índices de isolamento apontaram as maiores distâncias para os fragmentos da paisagem C. O índice de circularidade não revelou variação significativa entre as paisagens (ANOVA, P = 0,289), portanto, os fragmentos possuem pouca variação quanto a forma e estão expostos a efeitos de borda similares. As médias do índice de circularidade por paisagem apresentaram valores intermediários (paisagem A com $0,45 \pm 0,2$, paisagem B com $0,56 \pm 0,1$ e paisagem C com $0,56 \pm 0,2$) (Tabela 4) (Figura 6).

Tabela 4: Valores de Tukey para análise de variância (ANOVA) entre os atributos ambientais e estruturais na escala da paisagem no município de Vassouras, RJ, 2008.

Variáveis/Paisagens	A - B	A - C	B - C	Tamanho do Fragmento
ISP	0,142	0,314	0,890	0,384
ISG	0,278	0,082	0,789	0,009*
IST	0,639	0,938	0,845	0,026*
ISM	0,789	0,964	0,646	0,011*
IC	0,347	0,380	0,998	0,208
Faces	0,522	0,771	0,916	0,479
Declividade	0,499	0,529	0,093	0,009*
Radiação	0,971	0,561	0,442	0,263
Altitude	0,001*	0,000*	0,001*	0,383

*valores significativos (P<0,05).

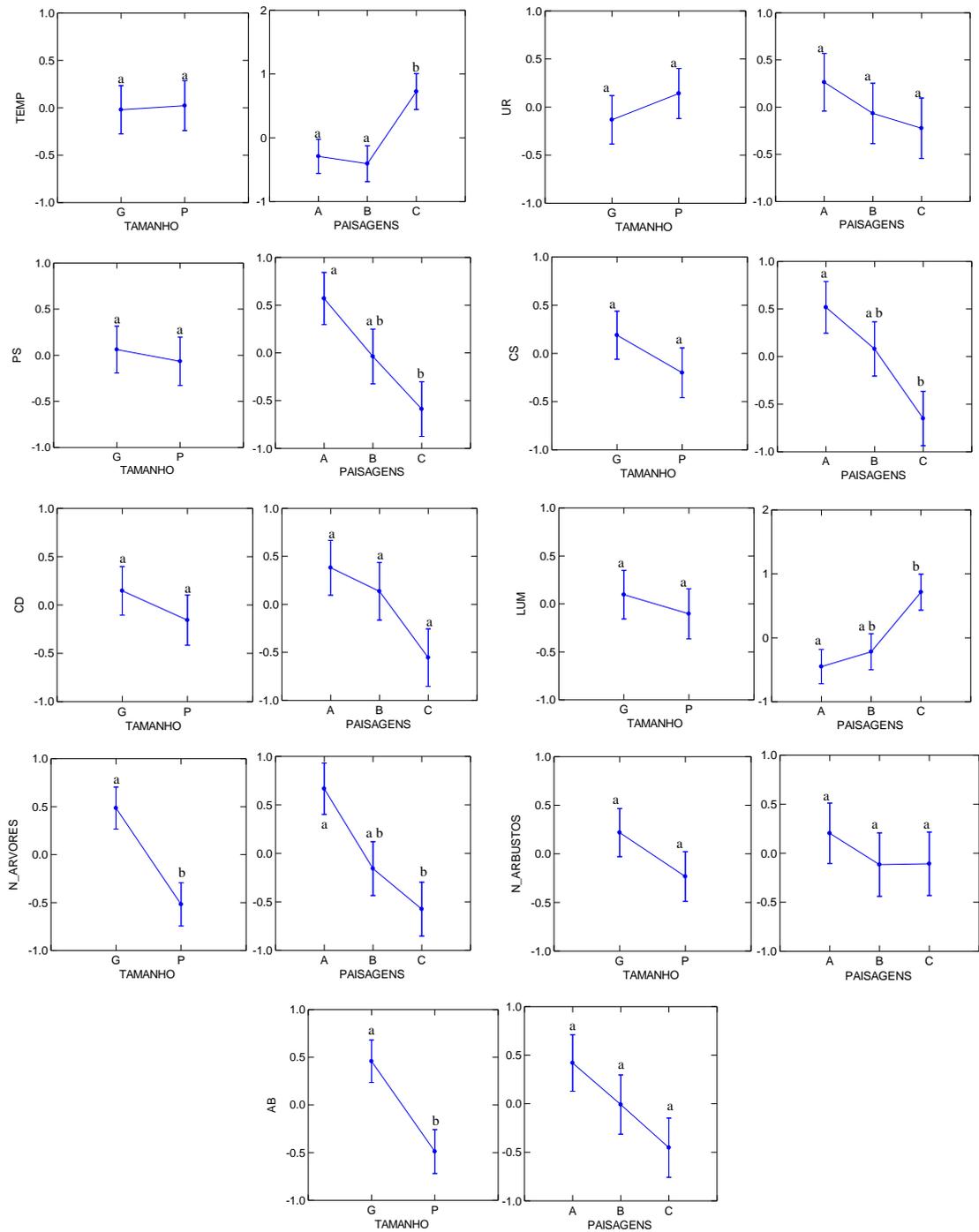


Figura 5: Média e o desvio-padrão para os atributos ambientais e estruturais medidos na escala do fragmento no município de Vassouras, RJ, 2008. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente (Teste Tukey, $P > 0,05$). Os dados foram transformados para atender as premissas da estatística paramétrica. (Temp – temperatura; UR – umidade relativa; PS – profundidade da serapilheira; CS – cobertura do solo; CD – cobertura do dossel; Lum – luminosidade; NAR – número de árvores; NAB – número de arbustos e AB – área basal).

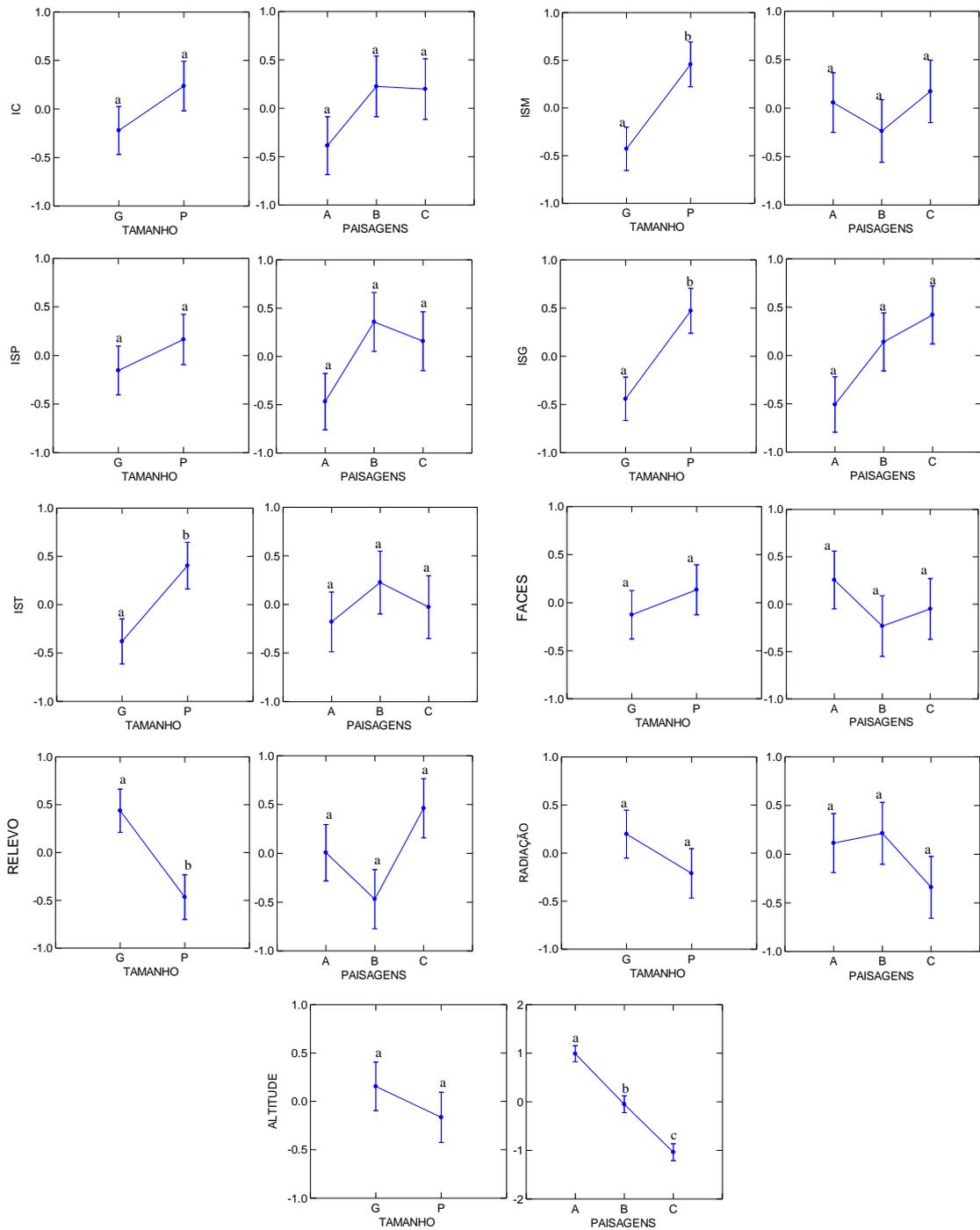


Figura 6: Média e o desvio-padrão para os atributos ambientais e estruturais medidos na escala da paisagem no município de Vassouras, RJ, 2008. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente (Teste Tukey, $P > 0,05$). Os dados foram transformados para atender a estatística paramétrica. (IC – índice de circularidade; ISM; ISP; ISG e IST – índices de isolamento; Faces – mapa das faces de exposição; Relevo – mapa de relevo; Radiação – mapa de radiação solar e Altitude – mapa de altitude).

O modelo digital de elevação (MDE) mostrou que a paisagem A possui a maior altitude, variando de 500 a 900 metros; seguida da paisagem B, predominantemente na faixa de 400 a 600 metros; e a paisagem C, com a menor altitude, variando de 200 a 400 metros. Há portanto, um gradiente de altitude entre as paisagens, mas não dentro delas (Tabela 4; Tabela 5) (Figura 6; Figura 7).

O mapa de declividade mostra que o relevo das paisagens, como também de quase todo o município, é basicamente classificado como ondulado e forte ondulado. Desta forma, não se tem um gradiente de relevo para os fragmentos (Tabela 4; Tabela 5) (Figura 6; Figura 7 e Figura 8).

Quanto as faces de exposição (orientação), os fragmentos não apresentaram grandes diferenças. Deste modo, possuindo uma distribuição equivalente entre as paisagens e, apesar dos gradientes de altitude e relevo, os fragmentos apresentam faces voltadas tanto para o sul quanto para o norte (Tabela 4; Tabela 5) (Figura 9). De modo semelhante o mapa de radiação solar não mostra grandes diferenças para as paisagens, já que as faces de exposição também não apresentaram grande variação (Tabela 4; Tabela 5) (Figura 10).

Tabela 5: Valores médios para as faces de exposição, radiação solar, altitude e declividade para cada fragmento estudado e para suas paisagens no município de Vassouras, RJ, 2008.

Fragmentos	Faces de exposição	Radiação Solar	Altitude	Declividade (Relevo)	Classificação do relevo
A1	170,8 ± 87,6	698 ± 44	555,6 ± 31,5	21,3 ± 9	forte ondulado
A2	223,6 ± 81,5	710 ± 35	597,1 ± 31,1	23,5 ± 9	forte ondulado
A3	203,1 ± 107,4	719 ± 33	590,4 ± 25,2	17,3 ± 8,7	ondulado
A4	223,2 ± 77,5	711 ± 40	651 ± 23,4	23,3 ± 9,7	forte ondulado
A5	208,8 ± 62,1	694 ± 32	542,7 ± 22,4	19,7 ± 7,1	ondulado
a1	226,6 ± 15,2	695 ± 10	537,2 ± 8,7	16,4 ± 4,8	ondulado
a2	202,4 ± 12,5	679 ± 16	551,8 ± 8,7	19,6 ± 5,6	ondulado
a3	255,1 ± 18,7	705 ± 15	580,8 ± 17,4	16,0 ± 7	ondulado
a4	228,8 ± 39,1	696 ± 27	603,9 ± 19,9	20,9 ± 4,9	forte ondulado
a5	200,2 ± 71,3	689 ± 36	585,4 ± 18,4	19,2 ± 10,1	ondulado
Média A(a)	214,2 ± 22,5	699,8 ± 11,6	579,5 ± 34,4	19,7 ± 2,6	ondulado
B1	179,9 ± 110,9	725 ± 29	549,6 ± 16,1	17,0 ± 6,1	ondulado
B2	231 ± 93,9	713 ± 39	554,3 ± 25	24,1 ± 10,4	forte ondulado
B3	216,6 ± 97,3	709 ± 25	471,4 ± 23,9	17,7 ± 9,5	ondulado
B4	188,2 ± 83,9	692 ± 30	479,6 ± 15,1	19,1 ± 9,1	ondulado
B5	165,1 ± 60,4	694 ± 27	502,1 ± 17,9	16,9 ± 7,2	ondulado
b1	210,2 ± 78,3	710 ± 28	506,9 ± 15,4	15,9 ± 7,6	ondulado
b2	214,2 ± 55	698 ± 30	506,5 ± 22,5	17,1 ± 7,2	ondulado
b3	152,4 ± 31	666 ± 29	525,4 ± 19,7	26,5 ± 5,6	forte ondulado
b4	238,8 ± 71,3	711 ± 15	457,1 ± 9,4	12,7 ± 4,5	ondulado
b5	154,4 ± 60,2	702 ± 22	514,6 ± 11,5	13,3 ± 7,2	ondulado
Média B(b)	195 ± 31,4	702 ± 16	506,7 ± 31,5	18,0 ± 4,3	ondulado
C1	156,5 ± 63,2	671 ± 40	395,4 ± 21,6	25,5 ± 12	forte ondulado
C2	182,3 ± 65,1	641 ± 58	487,9 ± 45,9	37,1 ± 11,5	forte ondulado
C3	195,5 ± 101,5	707 ± 31	415,4 ± 10	25,0 ± 9	forte ondulado
C4	213,5 ± 100,1	714 ± 26	414,6 ± 13,6	23,1 ± 8,5	forte ondulado
C5	237,9 ± 97,5	723 ± 29	497,4 ± 18,4	22,5 ± 7,6	forte ondulado
c1	123,1 ± 33,5	681 ± 29	376,8 ± 21,8	19,3 ± 6,8	ondulado
c2	253,5 ± 46,3	692 ± 15	350 ± 17,9	13,2 ± 5,8	ondulado
c3	259,2 ± 69,9	717 ± 30	409,7 ± 10,1	19,4 ± 9	ondulado
c4	218,1 ± 62,3	692 ± 37	467,9 ± 9,6	19,1 ± 8,7	ondulado
c5	171,4 ± 38,7	682 ± 21	495,6 ± 9,1	22,1 ± 5,7	forte ondulado
Média C(c)	199,3 ± 41,9	692 ± 24,8	431 ± 52	22,6 ± 6,2	forte ondulado
FC	181,3 ± 94,2	706 ± 42	655,4 ± 63,2	27,0 ± 12,5	forte ondulado

A análise dos componentes principais (PCA) mostrou padrão semelhante para cada escala de análise. Para a análise dos atributos na escala dos fragmentos o primeiro eixo explicou 36,3% e o segundo 21,1% do total da variação. Os fragmentos das paisagens A e B

estão mais dispersos em relação aos da paisagem C, mostrando maior heterogeneidade para estas paisagens (A e B). Além disso, os fragmentos da paisagem C apresentaram uma estrutura mais homogênea, já que estão mais próximos e relacionados com maiores taxas de luminosidade e temperatura e menores taxas de cobertura do dossel e solo. Apresentaram também menor profundidade de serapilheira, número de árvores, arbustos e área basal (Figura 11).

Em relação aos atributos na escala da paisagem o primeiro eixo da análise de componentes principais explicou 31,3% e o segundo 24,2% do total da variação. Apesar de não haver uma distinção nítida entre as paisagens se observa que os fragmentos da paisagem C estão mais dispersos, enquanto os das paisagens A e B estão mais próximos, mostrando características semelhantes entre os fragmentos destas duas paisagens (Figura 12).

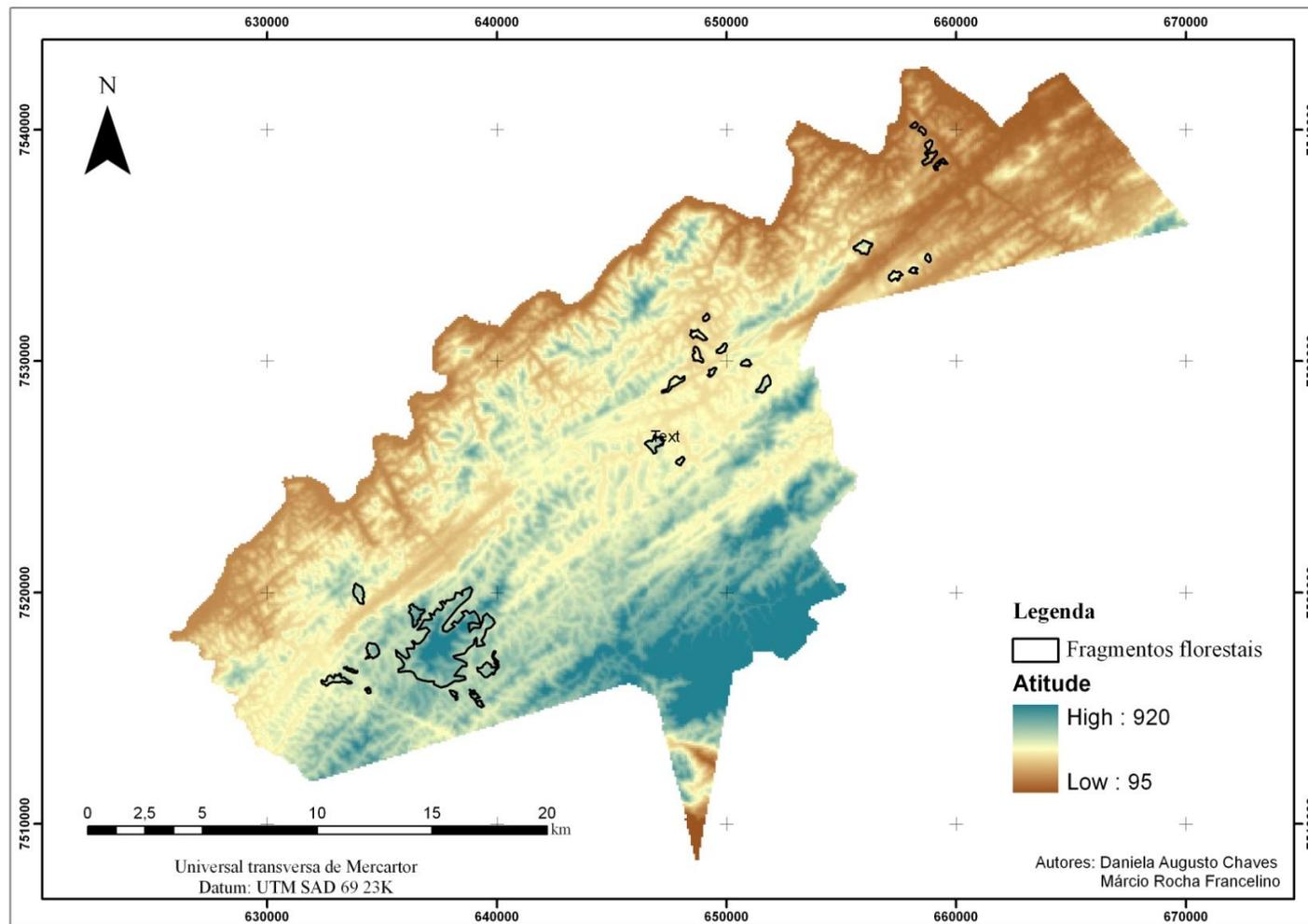


Figura 7: Mapa de altitude (MDE) do município de Vassouras, Rio de Janeiro.

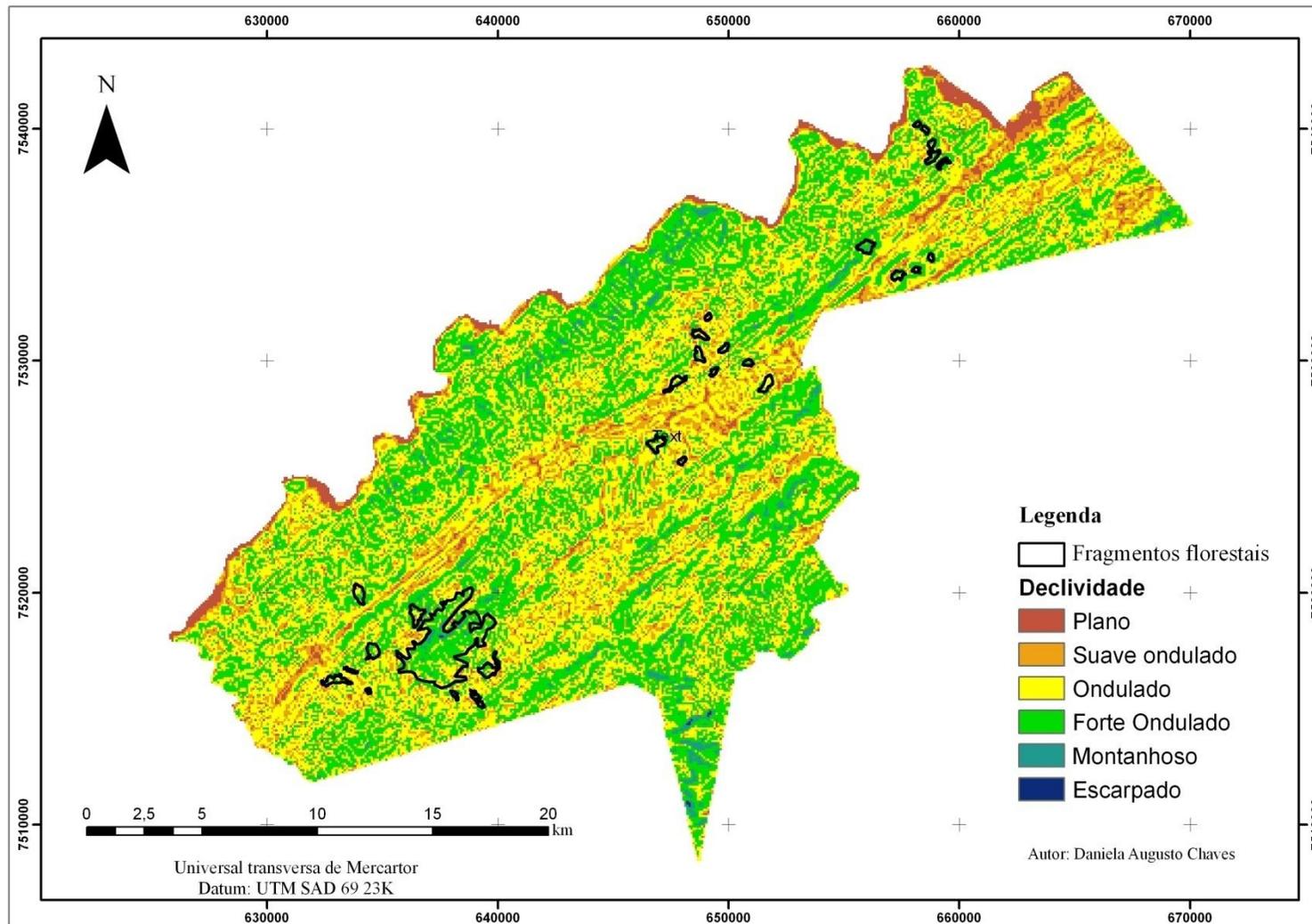


Figura 8: Mapa de relevo (declividade) do município de Vassouras, Rio de Janeiro.

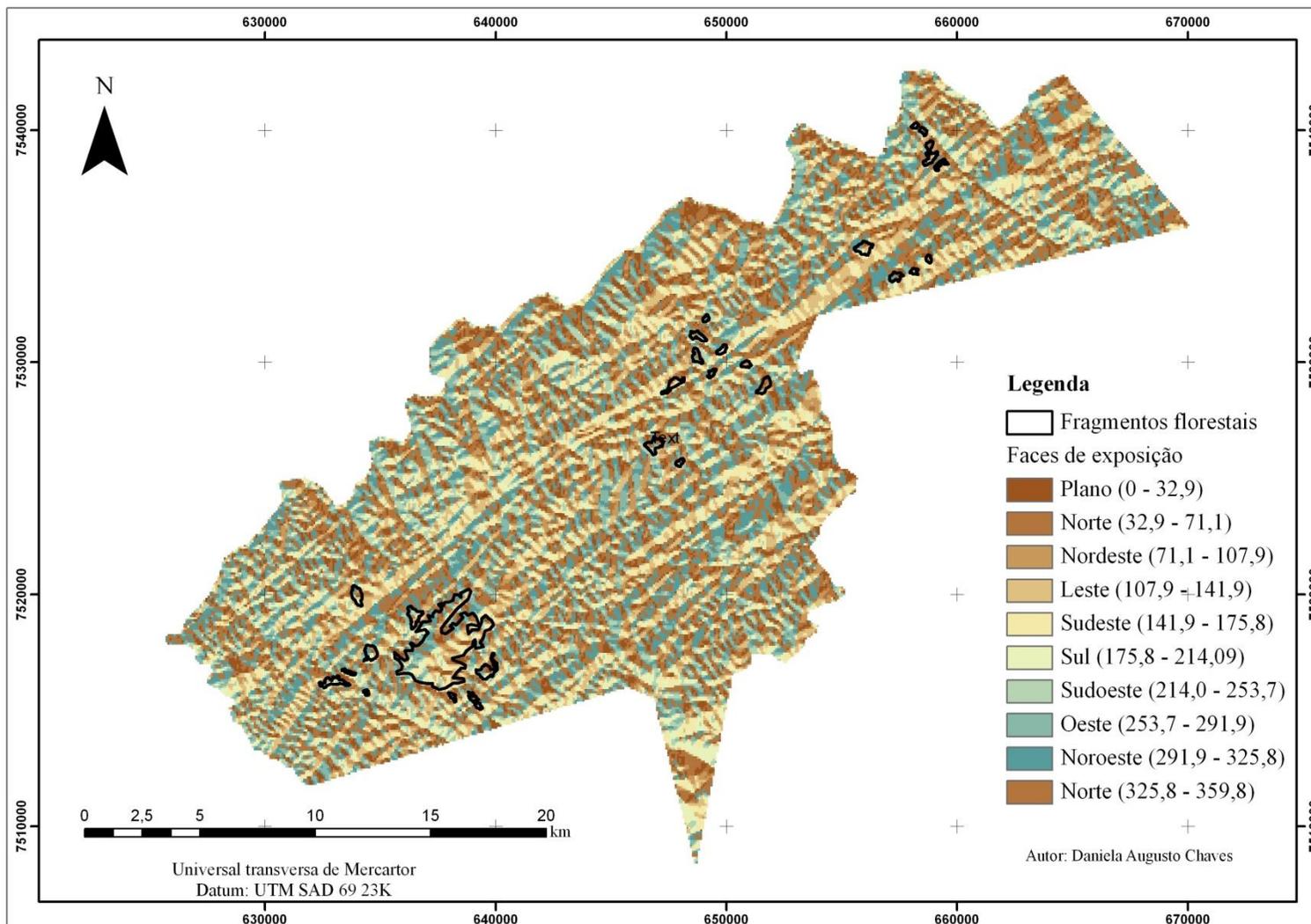


Figura 9: Mapa das faces de exposição do município de Vassouras, Rio de Janeiro.

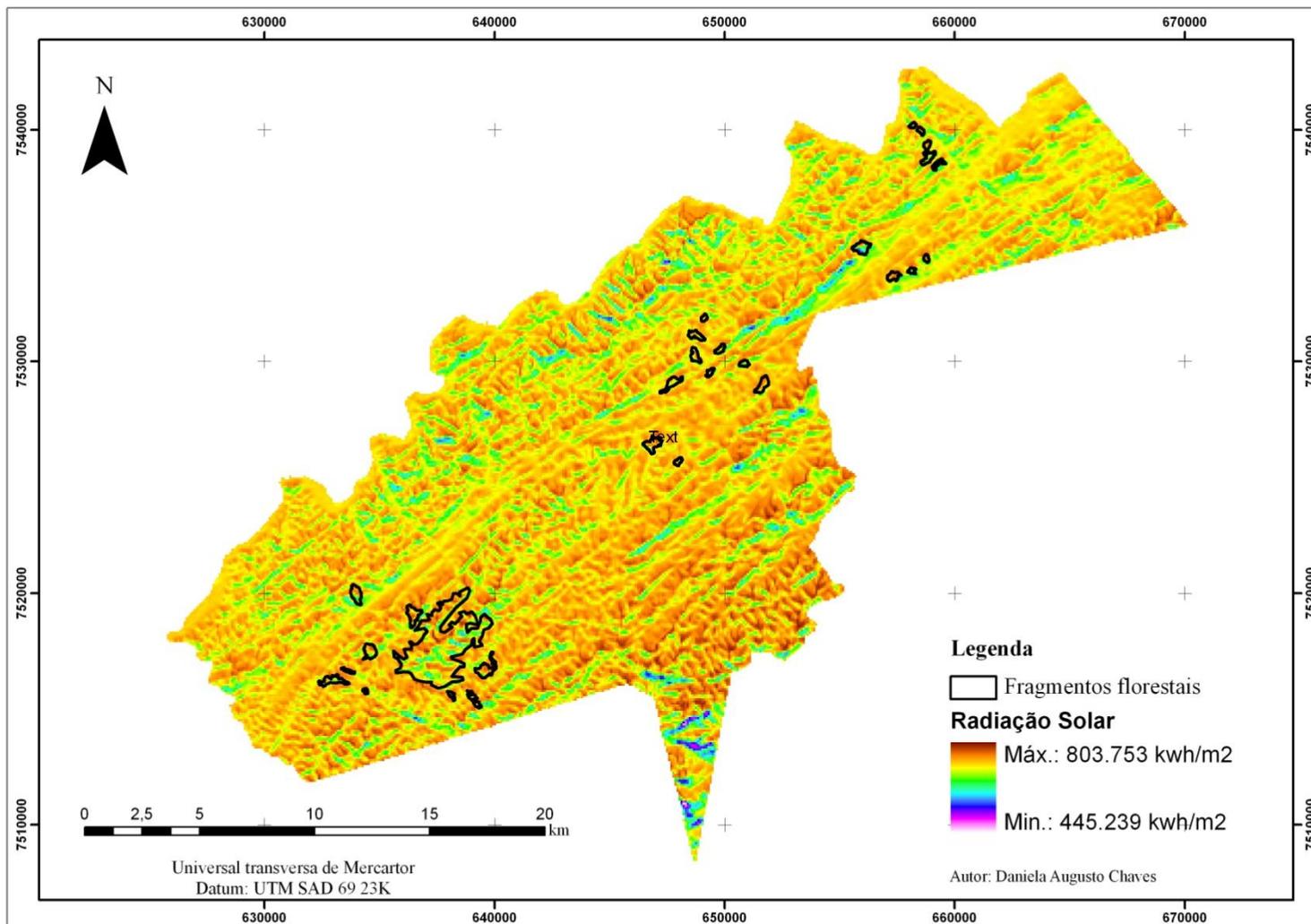


Figura 10: Mapa de radiação solar do município de Vassouras, Rio de Janeiro.

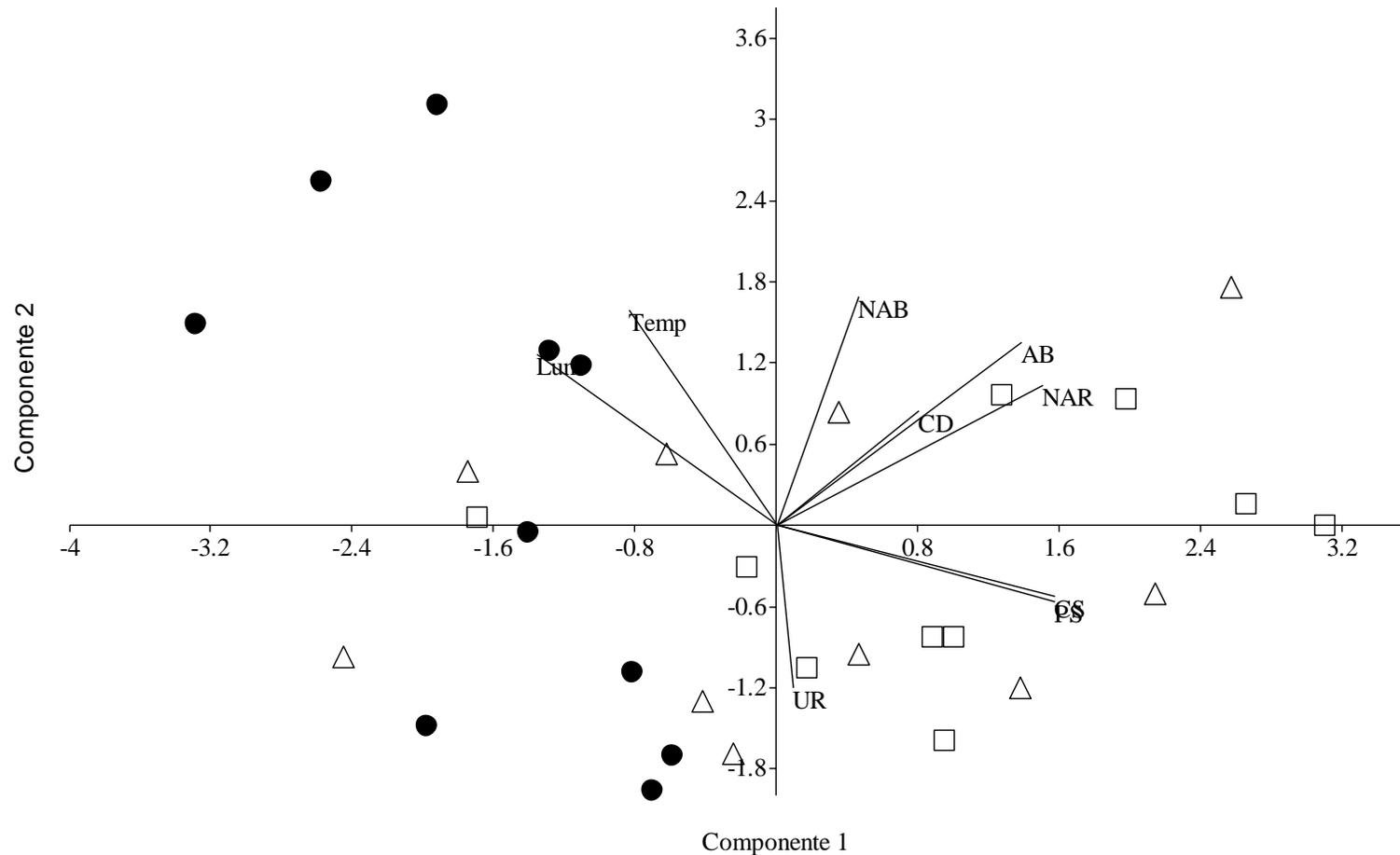


Figura 11: Distribuição dos fragmentos e suas respectivas paisagens estudadas em Vassouras-RJ (quadrados – paisagem A; triângulos – paisagem B e círculos pretos – paisagem C) usando os eixos 1 e 2 da análise de componentes principais para os atributos ambientais e estruturais na escala dos fragmentos: Lum – luminosidade; Temp – temperatura; UR – umidade relativa; PS – profundidade da serapilheira; CS – cobertura do solo; CD – cobertura do dossel; AB – área basal; NAR – número de árvores e NAB – número de arbustos.

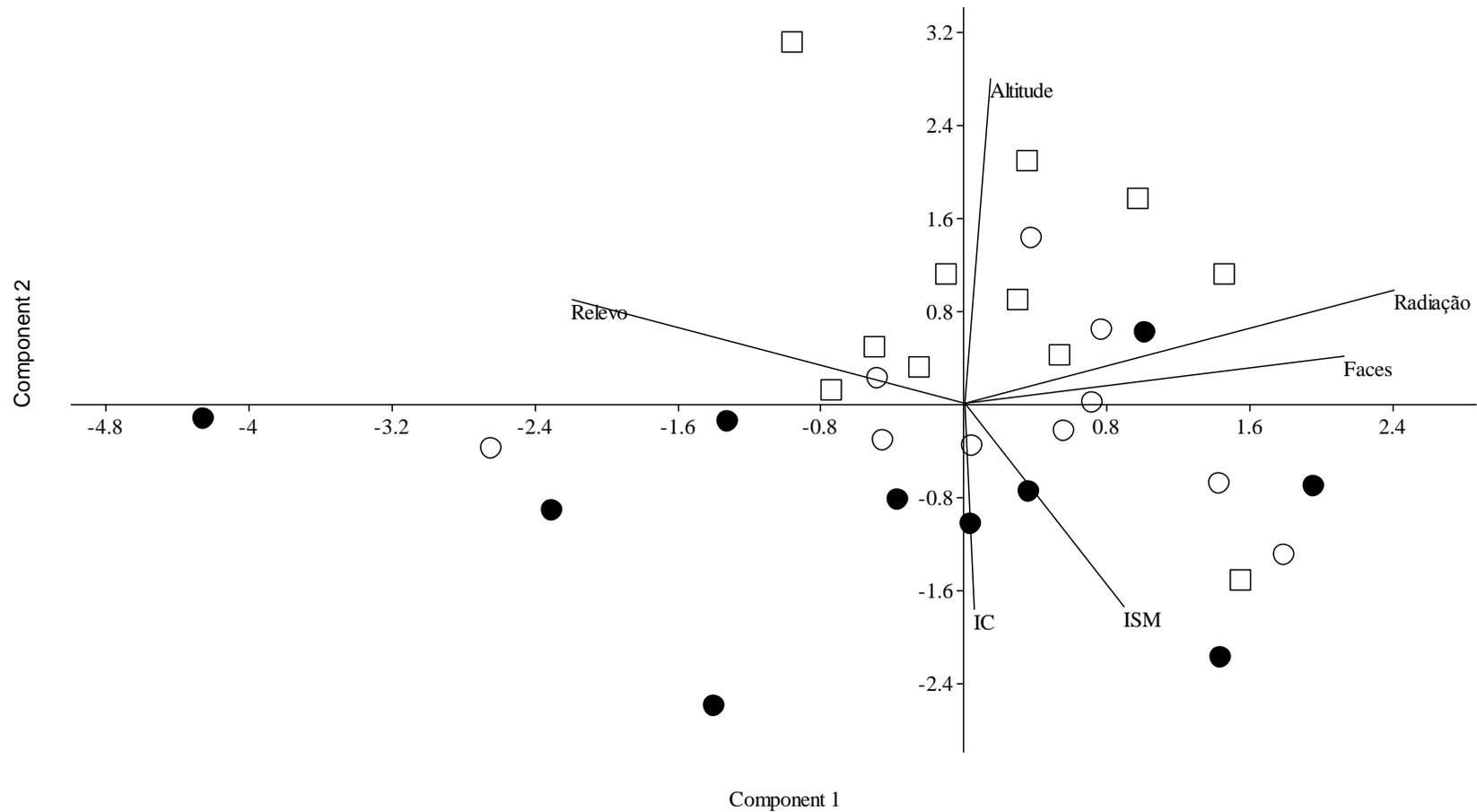


Figura 12: Distribuição dos fragmentos florestais e suas respectivas paisagens estudados em Vassouras-RJ (quadrados – paisagem A; círculos brancos – paisagem B e círculos pretos – paisagem C) usando os eixos 1 e 2 da análise de componentes principais para os atributos ambientais e estruturais na escala da paisagem: Relevo – mapa de relevo; Faces – mapa das faces de exposição; Radiação – mapa de radiação solar; Altitude – mapa de altitude; IC – índice de circularidade e ISM – índice de isolamento).

4.2 Estrutura das comunidades de formigas de serapilheira na região do Vale do Paraíba, RJ

As amostras retiradas dos diferentes fragmentos florestais produziram um total de 170 espécies de formigas, distribuídas em 10 subfamílias e 49 gêneros. Em média foram encontradas $10 \pm 3,3$ espécies de formigas por metro quadrado. A maior riqueza foi registrada na paisagem A, com 133 espécies, seguida da paisagem B, com 122 espécies e paisagem C com 100 espécies (Tabela 6; Tabela 7). Segundo as estimativas de riqueza em espécies obtidas pelo método Chao2 apresenta o mesmo padrão observado para a riqueza (Tabela 8). Por outro lado, ainda existem espécies a serem amostradas, mas se pode afirmar que o número de espécies observado foi suficiente já que 73% das espécies estimadas foram amostradas com apenas uma técnica de amostragem (Tabela 9).

A subfamília Myrmicinae foi a mais rica em gêneros (29) e espécies (107), correspondendo a 62,9% do total de espécies amostradas, seguida da subfamília Formicinae, Ponerinae, Dolichoderinae, Ectatomminae, Heteroponerinae, Amblyoponinae, Ecitoninae, Pseudomyrmecinae e Proceratiinae, essa última com apenas uma espécie (Tabela 6; Tabela 7). Nas três paisagens o padrão de ocorrência das subfamílias foi o mesmo com variações nas subfamílias menos frequentes (Tabela 7). Vale ressaltar o registro de exemplares considerados raros das subfamílias Amblyoponinae e Procerattinae (Tabela 7) e a ausência de exemplares da subfamília Cerapachyinae.

Dentre os gêneros, *Pheidole* foi o mais rico e diverso nas três paisagens, com 13,5% das espécies. A maior frequência de registro foi para os gêneros *Pheidole* e *Solenopsis* (Tabela 8; Tabela 9). Para as espécies, a maior frequência foi de *Hypoponera distinguenda* e *Solenopsis* sp. 6, presentes em todos os fragmentos. As espécies *Pheidole* sp. 1, *Solenopsis* sp. 3 e *Strumigenys* sp. 1 foram registradas em 30 fragmentos, enquanto que *Brachymyrmex* sp. 15, *Solenopsis* sp. 4 e *Wasmannia* sp. 2 apareceram em 29 fragmentos (Tabela 6; Tabela 9).

Em relação aos fragmentos, o mais rico foi o fragmento 18 (paisagem A) com 71 espécies e o fragmento com a menor riqueza foi o 27 (paisagem C) com 26 espécies (Tabela 9). A média de espécies por fragmento, em todas as paisagens, foi de $50 \pm 9,2$, variando de 26 a 71. Nos fragmentos da paisagem A o número de espécies variou de 46 a 66 com média de $9,9 \pm 3$ espécies por metro quadrado; na paisagem B de 44 a 71 espécies com média de $10,8 \pm 3,6/m^2$ e na paisagem C de 26 a 47 espécies por fragmento com media de $8,8 \pm 2,8/m^2$ (Tabela 10).

O critério aplicado para inferir sobre a raridade das espécies resultou em maior frequência de espécies comuns para as três escalas. O número de espécies comuns foi muito semelhante entre as três paisagens estudadas. Já as espécies consideradas raras nas três escalas (25,3% das espécies) apresentaram número de espécies decrescente da paisagem A para C (Tabela 11). As outras combinações apesar de algumas não demonstrarem variação quanto ao número de espécies esperado (12,5), totalizaram 24,1% (41 spp).

A riqueza em espécies variou significativamente entre as paisagens (ANOVA, $P=0,001$), mas não houve diferença entre a paisagem A e B (Teste de Tukey, $P=0,993$). Já a composição em espécies variou significativamente entre as paisagens (ANOVA, $P=0,000$), mas as paisagens B e C não foram estatisticamente diferentes (Teste de Tukey, $P=0,141$). As curvas de acumulação de espécies mostram o mesmo resultado devido à sobreposição dos intervalos de confiança entre as paisagens A e B e a não sobreposição entre as paisagens A e C (Figura 13) (COLWELL *et al.*, 2004).

A similaridade mostrou a formação de grupos para os fragmentos da mesma paisagem, mostrando que estes fragmentos apresentam uma fauna de composição similar e distinta dos

fragmentos das outras paisagens. Entretanto, alguns fragmentos se apresentaram dispersos e outros mais próximos a outras paisagens (Figura 14).

A análise de PCA mostrou agrupamentos para todas as paisagens com exceção de alguns fragmentos mais dispersos. A paisagem C apresentou o agrupamento com maior número de fragmentos, demonstrando frequência de espécies semelhantes nestes fragmentos; principalmente pela elevada frequência de *P. eggersi* e *W. auropunctata* (Figura 15). Para a paisagem B se observa a maior dispersão dos fragmentos e a não formação de grupos devido as frequências de *Wasmannia* sp. 2 e *P. denticulata* e, em uma menor escala *Pheidole* sp. 1 e *Pheidole* sp. 8. Na paisagem A foi constatado que a frequência de *Brachymyrmex* sp. 8, *Pheidole* sp. 25, *Solenopsis* sp. 4 e *P. subdentata* foram responsáveis pelo agrupamento dos fragmentos nesta paisagem. Outras espécies como *Octostruma* sp. 4, *Solenopsis* sp. 5, *Solenopsis* sp. 1, *Brachymyrmex* sp. 15, *Solenopsis* sp. 3, *Solenopsis* sp. 6 e *H. distinguenda* apresentam frequências semelhantes em todas as paisagens, ocasionando maior homogeneidade e a não formação de agrupamentos distintos.

Tabela 6: Lista das espécies de formigas por paisagem (A, B e C) e ocorrência no(s) fragmento(s) (1 a 31) e a classe de raridade para as espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.

SUB FAMÍLIAS / PAISAGENS	A	B	C	Raridade
Amblyoponinae				
<i>Amblyopone armigera</i> * Mayr, 1887	10			RRR
<i>Amblyopone elongata</i> (Santschi 1912)		18	24-28-29	RCC
Dolichoderinae				
<i>Linepithema iniquum</i> Mayr, 1870	4			CRR
<i>Linepithema neotropicum</i> Wild, 2007	3-5-6-8	14-18	23-29	RCC
<i>Linepithema pulex</i> Wild, 2007		12-15-17-18	31	CCC
<i>Linepithema</i> sp. 5	9-10-11			RCR
Ecitoninae				
<i>Labidus praedator</i> (Fr. Smith, 1858)	1-4	13		RRC
<i>Neivamyrmex</i> sp.*		18		RRR
Ectatomminae				
<i>Ectatomma</i> sp.	1-2-3-4-7-8-9-10	12-13-16-17-18-19-21	24-25-26-28	CCC
<i>Gnamptogenys</i> sp. 1	1-2-4-5-6-7-9-10-11	12-13-17-18		CCC
<i>Gnamptogenys</i> sp. 2	1	12-16-17	24-27-28-30	RCC
<i>Gnamptogenys</i> sp. 3	3-8			RRR
<i>Gnamptogenys</i> sp. 4*		17		RRR
<i>Gnamptogenys</i> sp. 5	7	20-21	26	RRC
<i>Gnamptogenys</i> sp. 6	11	13		RRC
<i>Gnamptogenys</i> sp. 7		12-13-14-20	31	CCC
<i>Gnamptogenys</i> sp. 8			24-29	RRR

Tabela 6: Continuação: Lista das espécies de formigas por paisagem (A, B e C) e ocorrência no(s) fragmento(s) (1 a 31) e a classe de raridade para as espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.

SUB FAMÍLIAS / PAISAGENS	A	B	C	Raridade
Formicinae				
<i>Acropyga</i> sp. 2*		12		RRR
<i>Acropyga</i> sp. 3*			25	RRR
<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	8	16-21	25	RRC
<i>Brachymyrmex</i> sp. 2	1-4	17-12		RRC
<i>Brachymyrmex</i> sp. 6	1-2-5-6-7-8-9-10-11	13-14-16-17-20	22-23-25-26-28	CCC
<i>Brachymyrmex</i> sp. 8	1-3-4-5-6-8-9-10	15-20	25-26-30-31	CCC
<i>Brachymyrmex</i> sp. 11	3-4	12-13-14-16-17-21		RCC
<i>Brachymyrmex</i> sp. 12*	9			RRR
<i>Brachymyrmex</i> sp. 13		13-14-19		CCR
<i>Brachymyrmex</i> sp. 14*			30	RRR
<i>Brachymyrmex</i> sp. 15	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	12-13-14-15-16-17-18-19-21	22-23-24-25-26-28-29-30-31	CCC
<i>Brachymyrmex</i> sp. 16		13-16		CRR
<i>Brachymyrmex</i> sp. 17*		14		RRR
<i>Camponotus cingulatus</i> Mayr, 1862	6-8		22-23-24-29	CCC
<i>Camponotus crassus</i> * Mayr, 1862			22	RRR
<i>Camponotus rufipes</i> * (Fabricius, 1775)		17		RRR
<i>Camponotus</i> sp. 21*		16		RRR
<i>Camponotus</i> sp. 22*	7			RRR
<i>Myrmelachista</i> sp. *	7			RRR
<i>Nylanderia docilis</i> (Forel, 1908)	10-11			CRR
<i>Nylanderia steinheili</i> (Forel, 1893)	10		22-24	CRC

Tabela 6: Continuação: Lista das espécies de formigas por paisagem (A, B e C) e ocorrência no(s) fragmento(s) (1 a 31) e a classe de raridade para as espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.

SUB FAMÍLIAS / PAISAGENS	A	B	C	Raridade
Heteroponerinae				
<i>Acanthoponera mucronata*</i> (Roger, 1860)	11			RRR
<i>Heteroponera</i> sp. 1	1-3-5-6-7-9-11			CCR
<i>Heteroponera</i> sp. 2	1	12		CRC
Myrmicinae				
<i>Acanthognathus rudis</i> Brown & Kempf, 1969	4-10		25	RRC
<i>Acanthognathus brevicornis</i> Smith, 1944	4-10		31	CRC
<i>Acromyrmex</i> sp. 1*	1			RRR
<i>Acromyrmex</i> sp. 3	2			RRR
<i>Acromyrmex subterraneus</i> Forel, 1893	1	15		RRC
<i>Apterostigma</i> sp. 1	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11			CCR
<i>Apterostigma</i> sp. 2	7-11	13-15-16-17-18-20-21	25-26	CCC
<i>Apterostigma</i> sp. 3	7-9	12-15-17-20	22-25-26-29	CCC
<i>Apterostigma</i> sp. 4	2-3-4-5-6-8	21		CCC
<i>Atta sexdens rubropilosa</i> (Forel, 1908)	3	13-16-19	22-28-30	RCC
<i>Basicerus disciger</i> (Mayr, 1887)	7-11			RRR
<i>Carebara brevipilosa</i> Fernández, 2004		15-18	22-23-25-26-28-29	CCC
<i>Carebara urichi</i> (Wheeler, 1922)	3-7-8-10	13-14-15-16-17-18-19-20	22-29	CCC
<i>Carebarella bicolor</i> Emery, 1905	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	12-14-15-17-18	22-24-26-28-29-30-31	CCC
<i>Crematogaster</i> sp. 3*	10			RRR
<i>Crematogaster</i> sp. 7	10	18		RRC
<i>Crematogaster acuta*</i> Fabricius, 1804		18		RRR
<i>Crematogaster nigropilosa</i> (Mayr, 1870)			25-26	CRR

Tabela 6: Continuação: Lista das espécies de formigas por paisagem (A, B e C) e ocorrência no(s) fragmento(s) (1 a 31) e a classe de raridade para as espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.

SUB FAMÍLIAS / PAISAGENS	A	B	C	Raridade
<i>Crematogaster</i> sp. 12*		21		RRR
<i>Cyphomyrmex bicornis</i> Forel, 1896	4-5-6-8-9-10			CCR
<i>Cyphomyrmex</i> gr. rimosus sp1	1-2-3-4-5-7-8-9-11	12-13-14-15-17-18-19-20	22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	CCC
<i>Cyphomyrmex</i> gr. rimosus sp2*	5			RRR
<i>Cyphomyrmex</i> gr. rimosus sp3	3-5-6-9	14		RCC
<i>Cyphomyrmex</i> gr. strigatus sp1	2-5-6-8	12-13-14-15-16-18-19-21	22-24-28-29	CCC
<i>Cyphomyrmex</i> gr. strigatus sp2	3-4-5-6	12-13-14-16-18-19-20-21	22-24-25-26-27-28-29-31	CCC
<i>Cyphomyrmex</i> gr. strigatus sp3	6	14-15-18		RCC
<i>Cryptomyrmex boltoni</i> Fernández 2003		12-13-17-18-20	22-24-29	RCC
<i>Hylomyrma balzani</i> (Emery, 1894)	3-6-8-11	13-16-21	24-25-31	CCC
<i>Hylomyrma reitteri</i> (Mayr, 1887)	1-5-7			RCR
<i>Leptothorax</i> sp. 3		12-13-14-18	22-23-24-27-28-29-30	CCC
<i>Megalomyrmex drift</i> Kempf, 1961	1-2-4-5-6-9-10	12-13-14-15-16-17-19-20-21	24-26-27-28-29	CCC
<i>Megalomyrmex goeldii</i> Forel, 1912	10	15-18	24-25-26-31	CCC
<i>Megalomyrmex silvestrii</i> Wheeler, 1909	7-10	17		CRC
<i>Mycetarotes carinatus</i> Mayhé-Nunes, 1995	2-4-7-9	15-20-21		RCC
<i>Mycocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)	2-3-4-7-9	15-16-18-20-21	22-28-31	CCC
<i>Mycocepurus smithii</i> (Forel, 1893)		12-13-14-15-18-19-20	22-23-24-27-29-30-31	CCC
<i>Myrmicocrypta</i> sp. 1	1-3-7	12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	26	CCC
<i>Nesomyrmex</i> sp.*		18		RRR
<i>Octostruma iheringi</i> (Emery, 1888)	3		25-26	RRC
<i>Octostruma rugifera</i> Mayr, 1887	1-2-3-4-5-6-9-10-11	12-13-14-16-17-19-20-21	24-26-28	CCC
<i>Octostruma</i> sp. 2*	1			RRR
<i>Octostruma</i> sp. 4	1-3-5-6-7-8-11	12-13-15-16-17-18-19-20-21	22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	CCC
<i>Octostruma</i> sp. 5*	7			RRR
<i>Octostruma</i> sp. 6	3-4-7-10-11			RRC

Tabela 6: Continuação: Lista das espécies de formigas por paisagem (A, B e C) e ocorrência no(s) fragmento(s) (1 a 31) e a classe de raridade para as espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.

SUB FAMÍLIAS / PAISAGENS	A	B	C	Raridade
<i>Oxyepoecus reticulatus</i> Kempf, 1974	4-7-8-9	12-18		CCC
<i>Pheidole fimbriata</i> Roger, 1863	2-7	12-17	22-23-27	CCC
<i>Pheidole gertrude</i> Forel, 1886	4-5-6-9-10	13	31	CCC
<i>Pheidole sensitiva</i> Borgmeier, 1959	2-3-4-7-9-10	12-13-14-15-18-19-20	24-31	CCC
<i>Pheidole sigilata</i> Wilson, 2003	1-3-4-9-10-11	12-13-15-16-19	25-26-28	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 1	1-2-3-4-6-7-8-9-10-11	12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 6	1-2-4-9-10-11	13-15-16-17-18-19-20-21	23-25-26-27-31	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 7	1-2-4-7-8-9	12-13-14-15-16-17-18-19	21-22-23-24-27-28-29-30-31	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 8	2-3-7-8-9	12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	22-23-24-25-26-28-31	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 9	1-2-4-6-7-8-9-10-11	12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	22-24-25-27-28-29-31	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 10	1-3-4-5-6-7-10-11	12-16-18-21	25-26-28-31	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 12	1-4-5-7-8-9-10-11	12-13-19-20	24	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 13	1-4-6-7-9-10-11	17-19-20	31	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 14	4-6-8-9-11			CCR
<i>Pheidole</i> sp. 17	6-9		24-29	RRC
<i>Pheidole</i> sp. 25	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	12-13-15-16-17-18-19-21	22-23-24-25-26-28-29-30-31	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 27	1-2-3-4-6-7-8-10-11	12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	22-23-24-25-26-27-28-30-31	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 38	11			RRR
<i>Pheidole</i> sp. 42	1-2-4	12-13-15-16-18-20-21	25-26-28	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 43		17		CRR
<i>Pheidole</i> sp. 44*	11			RRR
<i>Pheidole</i> sp. 45	4-5-6-8-9-10-11	13-16-18-20-21	30	CCC
<i>Pheidole</i> sp. 46*			26	RRR
<i>Pheidole</i> sp. 47*		17		RRR
<i>Procryptocerus regularis</i> * Emery, 1896		13		RRR

Tabela 6: Continuação: Lista das espécies de formigas por paisagem (A, B e C) e ocorrência no(s) fragmento(s) (1 a 31) e a classe de raridade para as espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.

SUB FAMÍLIAS / PAISAGENS	A	B	C	Raridade
<i>Procryptocerus</i> sp. 3*	7			RRR
<i>Pyramica crassicornis</i> (Mayr, 1887)	1-2-3-4-5-6-7--10-11	12-13-16-17-18-19-21	31	CCC
<i>Pyramica denticulata</i> (Mayr, 1887)	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	25-26-28-30-31	CCC
<i>Pyramica eggersi</i> (Emery, 1890)	2-3-5-7-9	12-13-14-15-17-18-19-20	22-23-24-25-26-27-28-29-30	CCC
<i>Pyramica epinotalis</i> * (Weber, 1934)	11			RRR
<i>Pyramica fridericimuelleri</i> (Forel, 1886)	3	12-13-15-16-19-20	23-29	CCC
<i>Pyramica subdentata</i> (Mayr, 1887)	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	12-13-16-17-18-19-21	25-26-31	CCC
<i>Pyramica urrobia</i> Bolton, 2000	1-2-3-4-5-7-11	18	31	CCC
<i>Pyramica</i> gr. <i>apreciata</i> *	7			RRR
<i>Pyramica zeteki</i> (Brown, 1959)		16-18	23	CRC
<i>Rogeria</i> sp. 4	3-4-8-9-10-11	17		CCC
<i>Rogeria</i> sp. 8	1-6-10-11	17-18		CCC
<i>Rogeria</i> sp. 9	1-7	17	31	RRC
<i>Rogeria</i> sp. 10	2-8-9	12-14-17-18-19	24-28	CCC
<i>Solenopsis</i> sp. 1	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	12-13-14-15-16-17-18-20-21	23-24-25-26-28-31	CCC
<i>Solenopsis</i> sp. 2	1-2-4-7-8-9-11	12-13-14-16-17-18-19-20-21	22-23-24-25-26-27-29-31	CCC
<i>Solenopsis</i> sp. 3	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	22-24-25-26-27-28-29-30-31	CCC
<i>Solenopsis</i> sp. 4	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	12-13-15-16-17-18-19-20-21	22-23-24-25-26-27-28-29-31	CCC
<i>Solenopsis</i> sp. 5	1-2-3-4-5-6-7-8-9-11	12-13-15-17-18-19-20-21	22-23-24-25-27-28-29-30	CCC
<i>Solenopsis</i> sp. 6	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	CCC
<i>Solenopsis</i> sp. 7	1-2-3-4-5-6-9-10	12-14-15-16-17-18-19-20-21	23-28-30-31	CCC
<i>Solenopsis</i> sp. 8	5-9-10	21	31	RCC
<i>Stegomyrmex</i> sp.			22-23-29	RCR
<i>Strumigenys</i> sp. 1	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	CCC
<i>Strumigenys</i> sp. 2	1-2-3-4	12-17-18	23-26-27-28	CCC

Tabela 6: Continuação: Lista das espécies de formigas por paisagem (A, B e C) e ocorrência no(s) fragmento(s) (1 a 31) e a classe de raridade para as espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.

SUB FAMÍLIAS / PAISAGENS	A	B	C	Raridade
<i>Trachymyrmex</i> sp. 1	5-7-8-9-10	13		CCC
<i>Trachymyrmex</i> sp. 2	2-8-9	13-14-15-16-17-18-19	26-31	CCC
<i>Trachymyrmex</i> sp. 3	7	12-14-15-17-18-19-20	22-24-28-29-31	CCC
<i>Trachymyrmex</i> sp. 4	7	18	22-23-28-29-30	CCC
<i>Trachymyrmex</i> sp. 5	8-10	13-18		CRC
<i>Trachymyrmex</i> sp. 6	3-5-6-7	14-15-17-18-19-21	22-25-26-28-29-30	CCC
<i>Trachymyrmex</i> sp. 7*		18		RRR
<i>Typhlomyrmex</i> sp.*	11			RRR
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	1-3-5-6-7-8	13-14-15-18-19	22-23-24-25-26-28-29-30-31	CCC
<i>Wasmannia</i> sp. 1	1-2-3-4-5-6-7-8	12-13-14-16-17-18-19-20-21	22-26-29-31	CCC
<i>Wasmannia</i> sp. 2	1-2-4-5-6-7-8-9-10-11	12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	22-23-24-25-26-28-29-30-31	CCC
<i>Wasmannia rochai</i> Forel, 1912	7		22-25	RRC
<i>Wasmannia lutzii</i> Forel, 1908		16-17		RRR
Ponerinae				
<i>Anochetus mayri</i> Emery 1884		13-18-19	22-29	CCC
<i>Hypoponera distinguenda</i> (Emery, 1890)	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	CCC
<i>Hypoponera foreli</i> (Mayr, 1887)	4-7-10-11	12-15-18-20		CCC
<i>Hypoponera</i> sp. 4			23-29	RRR
<i>Hypoponera</i> sp. 6	1-2-7	14-15-18-19-20-21	22-23-24-25-27-28-29-30-31	CCC
<i>Hypoponera</i> sp. 8	3		22-24	RRC
<i>Hypoponera</i> sp. 10	2-4-5-6-7-10-11			CCR
<i>Hypoponera</i> sp. 16		12	29	RRC
<i>Leptogenys</i> sp. 1	1-9	13-17		RRC
<i>Leptogenys</i> sp. 4*		17		RRR

Tabela 6: Continuação: Lista das espécies de formigas por paisagem (A, B e C) e ocorrência no(s) fragmento(s) (1 a 31) e a classe de raridade para as espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.

SUB FAMÍLIAS / PAISAGENS	A	B	C	Raridade
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	1-3-6-7-11	12-16-19	25	RCC
<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	1-2-3-4-5-6-7-9-10	12-13-14-15-16-17-18-19-20	22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	CCC
<i>Pachycondyla agilis</i> * (Forel, 1901)	3			RRR
<i>Pachycondyla harpax</i> Fabricius, 1804	1-8-9-10-11	13-14-16-17-18-19-20-21	22-23-24-25-26-27-28-29-30	CCC
<i>Pachycondyla lenis</i> (Kempf, 1961)	3-11	16-18	26-29	CRC
<i>Pachycondyla lunaris</i> (Emery 1896)	3-4-6-8	15	24	RCC
<i>Pachycondyla magnífica</i> * Borgmeier, 1929		13		RRR
<i>Pachycondyla striata</i> Fr. Smith 1858	1-7-8-9	16-18-21	28-31	CCC
<i>Thaumatomyrmex mutilatus</i> Mayr, 1887	2-7	12-16-17	22-23-24-28-29-30	CCC
Proceratiinae				
<i>Dyscothyrea sexarticulata</i> Borgmeier, 1954	3-5-6-10	17		RCC
Pseudomyrmecinae				
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1*	2			RRR
<i>Pseudomyrmex tenuis</i> * (Fabricius, 1804)			27	RRR

* espécies que só ocorreram em uma amostra.

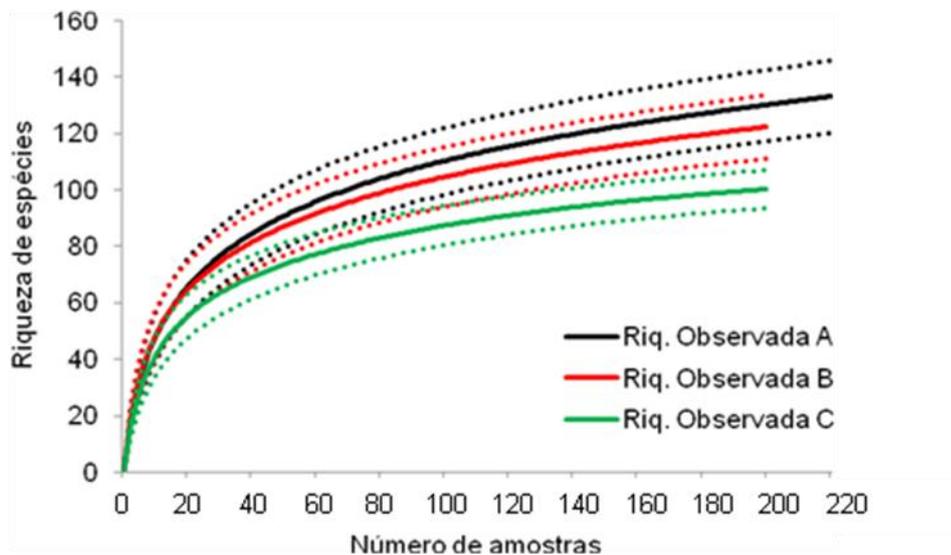


Figura 13: Curvas de acumulação de espécies de formigas amostradas por extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança de 95%.

Tabela 7: Lista das subfamílias, número e percentual de gêneros e espécies em relação ao total amostrado. Número de gêneros e espécies por paisagem das formigas amostradas com extrator de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.

SUBFAMÍLIAS	Gêneros	%	Espécies	%	Gêneros/Spp. Paisagem A	Gêneros/Spp. Paisagem B	Gêneros/Spp. Paisagem C
Amblyoponinae	1	2.04	2	1.18	1/1	1/1	1/1
Dolichoderinae	1	2.04	4	2.35	1/3	1/2	1/2
Ecitoninae	2	4.08	2	1.18	1/1	1/2	0
Ectatomminae	2	4.08	9	5.29	2/6	2/7	2/5
Formicinae	5	10.20	21	12.35	4/12	4/12	3/9
Heteroponerinae	2	4.08	3	1.76	2/3	1/1	0
Myrmicinae	29	57.14	107	62.94	25/91	25/81	22/69
Ponerinae	6	12.24	19	11.18	5/14	6/15	5/13
Proceratiinae	1	2.04	1	0.59	1/1	1/1	0
Pseudomyrmecinae	1	2.04	2	1.18	1/1	0	1/1
Total	50	100	170	100	43/133	42/122	35/100

Tabela 8: Valores obtidos através do estimador de riqueza Chao2 (\pm intervalo de confiança) de espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler no município de Vassouras, RJ 2008.

	Paisagens				
	A	A'	B	C	total
Numero de amostras	220	200	200	200	620
Riqueza observada	133	130	122	100	170
Riqueza estimada (Chao2)	187 \pm 27,2	176 \pm 23	160 \pm 20,5	111 \pm 7,3	233 \pm 29,5
% amostrado em relação ao estimado	71,1	73,8	76,3	90,1	73,0
Riqueza por metro ²	9,9 \pm 3	9,9 \pm 2,8	10,8 \pm 3,6	8,8 \pm 2,8	9,8 \pm 3,3
Número de espécies únicas	32	30	27	17	36

Tabela 9: Lista dos gêneros, número de espécies e percentual em relação ao total de espécies no geral e para as três paisagens (A, B e C) amostradas com o extrator de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.

Gêneros	Spp.	%	Spp. A	% A	Spp. B	% B	Spp. C	% C
<i>Pheidole</i>	23	13.53	20	15.0	18	14.8	18	18
<i>Brachymyrmex</i>	11	6.47	7	5.3	9	7.4	5	5
<i>Pyramica</i>	9	5.29	8	6.0	7	5.7	7	7
<i>Solenopsis</i>	8	4.71	8	6.0	8	6.6	8	8
<i>Gnamptogenys</i>	8	4.71	5	3.8	6	4.9	4	4
<i>Trachymyrmex</i>	7	4.12	6	4.5	7	5.7	4	4
<i>Hypoponera</i>	7	4.12	5	3.8	4	3.3	5	5
<i>Cyphomyrmex</i>	7	4.12	7	5.3	5	4.1	3	3
<i>Pachycondyla</i>	6	3.53	5	3.8	5	4.1	4	4
<i>Octostruma</i>	6	3.53	6	4.5	2	1.6	3	3
<i>Wasmannia</i>	5	2.94	4	3.0	4	3.3	4	4
<i>Crematogaster</i>	5	2.94	2	1.5	3	2.5	1	1
<i>Camponotus</i>	5	2.94	2	1.5	2	1.6	2	2
<i>Rogeria</i>	4	2.35	4	3.0	4	3.3	2	2
<i>Linepithema</i>	4	2.35	3	2.3	2	1.6	2	2
<i>Apterostigma</i>	4	2.35	4	3.0	3	2.5	2	2
<i>Megalomyrmex</i>	3	1.76	3	2.3	3	2.5	2	2
<i>Carebara</i>	3	1.76	1	0.8	2	1.6	2	2
<i>Acromyrmex</i>	3	1.76	3	2.3	1	0.8		
<i>Strumigenys</i>	2	1.18	2	1.5	2	1.6	2	2
<i>Pseudomyrmex</i>	2	1.18	1	0.8			1	1
<i>Procryptocerus</i>	2	1.18	1	0.8	1	0.8		
<i>Paratrechina</i>	2	1.18	2	1.5			1	1
<i>Odontomachus</i>	2	1.18	2	1.5	2	1.6	2	2

Tabela 9: Continuação: Lista dos gêneros, número de espécies e percentual em relação ao total de espécies no geral e para as três paisagens (A, B e C) amostradas com o extrator de Winkler no município de Vassouras, RJ, 2008.

Gêneros	Spp.	%	Spp. A	% A	Spp. B	% B	Spp. C	% C
<i>Mycocephurus</i>	2	1.18	1	0.8	2	1.6	2	2
<i>Leptogenys</i>	2	1.18	1	0.8	2	1.6		
<i>Hylomyrma</i>	2	1.18	2	1.5	1	0.8	1	1
<i>Heteroponera</i>	2	1.18	2	1.5	1	0.8		
<i>Amblyopone</i>	2	1.18	1	0.8	1	0.8	1	1
<i>Acropyga</i>	2	1.18			1	0.8	1	1
<i>Acanthognathus</i>	2	1.18	2	1.5			2	2
<i>Typhlomyrmex</i>	1	0.59	1	0.8				
<i>Thaumatomyrmex</i>	1	0.59	1	0.8	1	0.8	1	1
<i>Stegomyrmex</i>	1	0.59					1	1
<i>Oxyepoecus</i>	1	0.59	1	0.8	1	0.8		
<i>Nesomyrmex</i>	1	0.59			1	0.8		
<i>Neivamyrmex</i>	1	0.59			1	0.8		
<i>Myrmicocrypta</i>	1	0.59	1	0.8	1	0.8	1	1
<i>Myrmelachista</i>	1	0.59	1	0.8				
<i>Mycetarotes</i>	1	0.59	1	0.8	1	0.8		
<i>Leptothorax</i>	1	0.59			1	0.8	1	1
<i>Labidus</i>	1	0.59	1	0.8	1	0.8		
<i>Ectatomma</i>	1	0.59	1	0.8	1	0.8	1	1
<i>Dyscothyrea</i>	1	0.59	1	0.8	1	0.8		
<i>Cryptomyrmex</i>	1	0.59			1	0.8	1	1
<i>Carebarella</i>	1	0.59	1	0.8	1	0.8	1	1
<i>Basicerus</i>	1	0.59	1	0.8				
<i>Atta</i>	1	0.59	1	0.8	1	0.8	1	1
<i>Anochetus</i>	1	0.59			1	0.8	1	1
<i>Acanthoponera</i>	1	0.59	1	0.8				

Tabela 10: Fragmentos com a riqueza de gêneros e espécies de formigas amostradas com extratores de Winkler e os percentuais por fragmentos (Fragmentos de 1 à 11 correspondem a paisagem A; 12 à 21 paisagem B e 22 à 31 paisagem C) no município de Vassouras, RJ, 2008.

Fragmentos	Gêneros	% gêneros	Espécies	% espécies
1	23	46,9	57	33,5
2	22	44,9	48	28,2
3	24	49,0	55	32,4
4	23	46,9	58	34,1
5	19	38,8	46	27,1
6	22	44,9	50	29,4
7	29	59,2	66	38,8
8	20	40,8	47	27,6
9	24	49,0	56	32,9
10	24	49,0	56	32,9
11	22	44,9	52	30,6
12	26	53,1	59	34,7
13	26	53,1	62	36,5
14	20	40,8	44	25,9
15	20	40,8	48	28,2
16	23	46,9	53	31,2
17	25	51,0	62	36,5
18	29	59,2	71	41,8
19	20	40,8	49	28,8
20	20	40,8	47	27,6
21	20	40,8	46	27,1
22	23	46,9	47	27,6
23	20	40,8	38	22,4
24	25	51,0	46	27,1
25	20	40,8	46	27,1
26	19	38,8	46	27,1
27	14	28,6	26	15,3
28	22	44,9	47	27,6
29	25	51,0	46	27,1
30	18	36,7	31	18,2
31	19	38,8	46	27,1

Tabela 11: Número de espécies total e por paisagem nas diferentes classes de raridade para a fauna de formigas de serapilheira amostradas no município de Vassouras, RJ, 2008. As espécies foram consideradas raras localmente quando registradas em uma ou duas amostras de um mesmo fragmento. Raras na paisagem quando registradas em um ou dois fragmentos de uma mesma paisagem e raras regionalmente quando registradas somente em uma das paisagens. As espécies com registro em mais de duas amostras, dois fragmentos ou uma paisagem foram consideradas comuns.

Raridade	Número de spp.	% total de spp.	Qui-quadrado	GL	P	A	B	C
CCC	77	45,29	86,01	2	0,001	70	76	70
CCR	6	3,53	6,44	2	Ns	5	1	0
CRR	5	2,94	7,31	2	0,01	2	2	1
RRR	43	25,29	13,09	2	0,001	22	15	7
RRC	15	8,82	1,08	2	Ns	14	10	9
RCC	13	7,65	1,88	2	Ns	11	13	8
RCR	4	2,35	8,24	2	0,01	3	0	1
CRC	7	4,12	5,62	2	Ns	6	5	4
Total	170	100				133	122	100

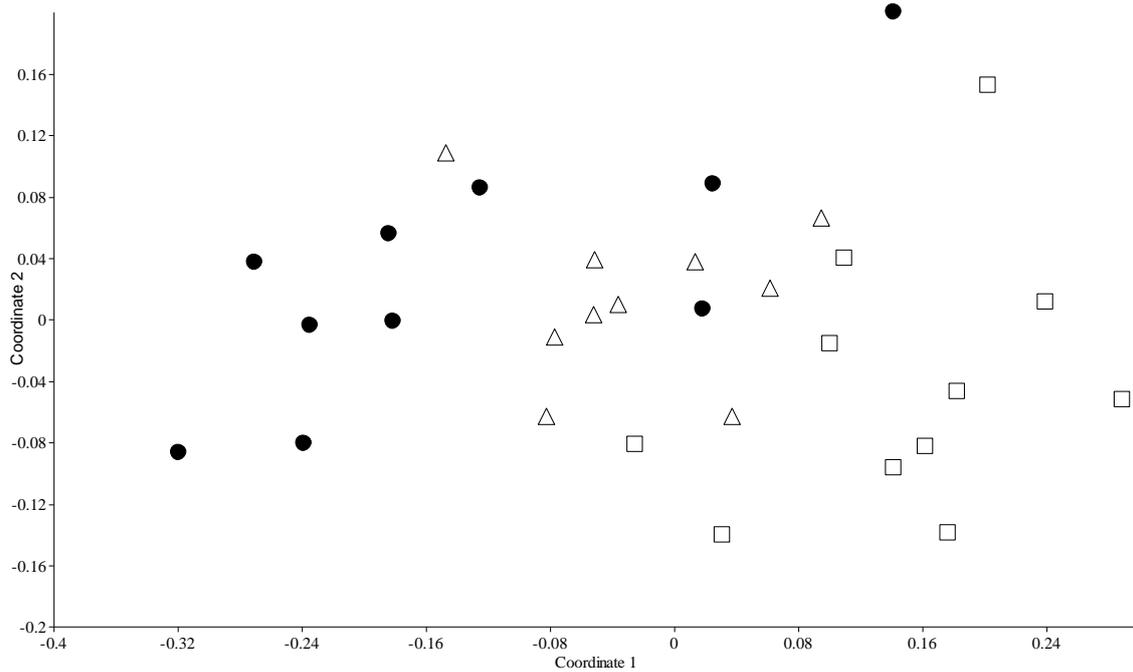


Figura 14: Ordenação dos fragmentos estudados e suas respectivas paisagens no município de Vassouras, RJ, 2008, pelo NMDS através da similaridade de Bray-curtis (Stress = 0,18). Quadrados – paisagem A; triângulos – paisagem B e círculos pretos – paisagem C.

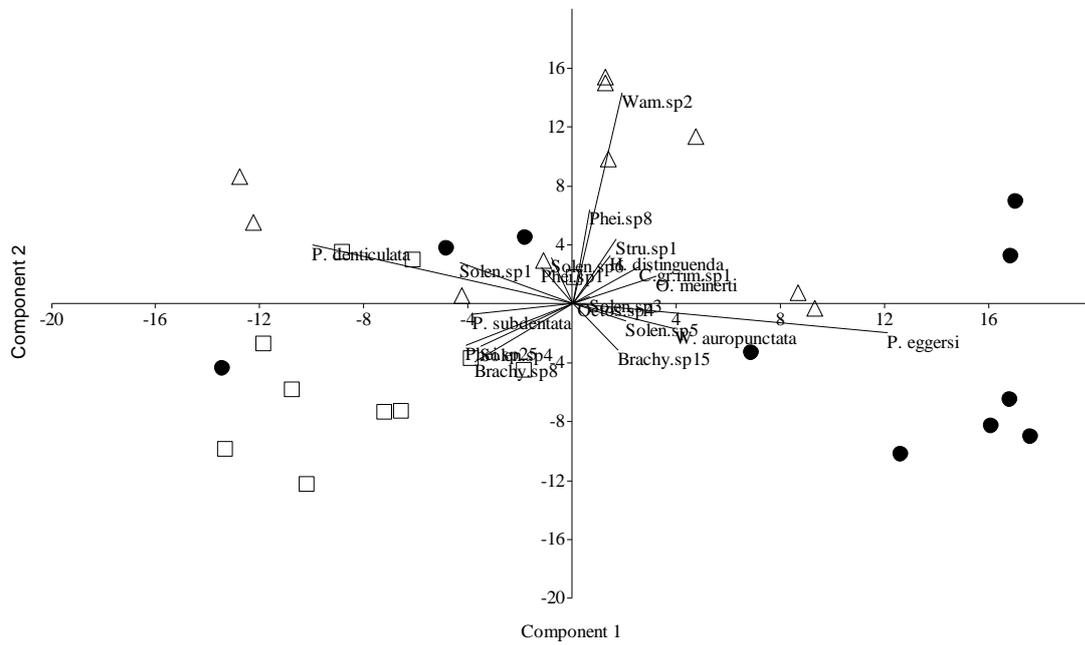


Figura 15: Análise de componentes principais para as 20 espécies mais frequentes nos 31 fragmentos florestais estudados em Vassouras, RJ, 2008: quadrados – paisagem A; triângulos – paisagem B e círculos pretos – paisagem C.

4.3 Análise das relações entre o ambiente e a comunidade de formigas de serapilheira em fragmentos florestais no Vale do Paraíba, RJ

O primeiro eixo da análise de componentes principais dos atributos que caracterizaram os fragmentos explicou uma parte significativa da variação na riqueza de espécies de formigas ($R^2 = 0,235$; $P = 0,006$) (Figura 16A). O mesmo eixo também explicou uma parte significativa e maior do que no caso anterior da variação na composição em espécies de formigas ($R^2 = 0,415$; $P = 0,000$) (Figura 17 B).

Já com relação ao tamanho dos fragmentos a riqueza não mostrou relação significativa ($R^2 = 0,022$; $P = 0,425$) (Figura 17A). A composição em espécies também não variou significativamente com relação ao tamanho dos fragmentos ($R^2 = 0,019$; $P = 0,463$) (Figura 17B). O resíduo da regressão entre a riqueza em espécies e as variáveis revelou uma variação significativa, mas apenas entre as paisagens B e C (Tukey $P = 0,026$). O resíduo da regressão entre a composição em espécies e as variáveis mostrou variação significativa somente para as paisagens A e C (Tukey $P = 0,001$), mostrando que outras variáveis não medidas estão relacionadas.

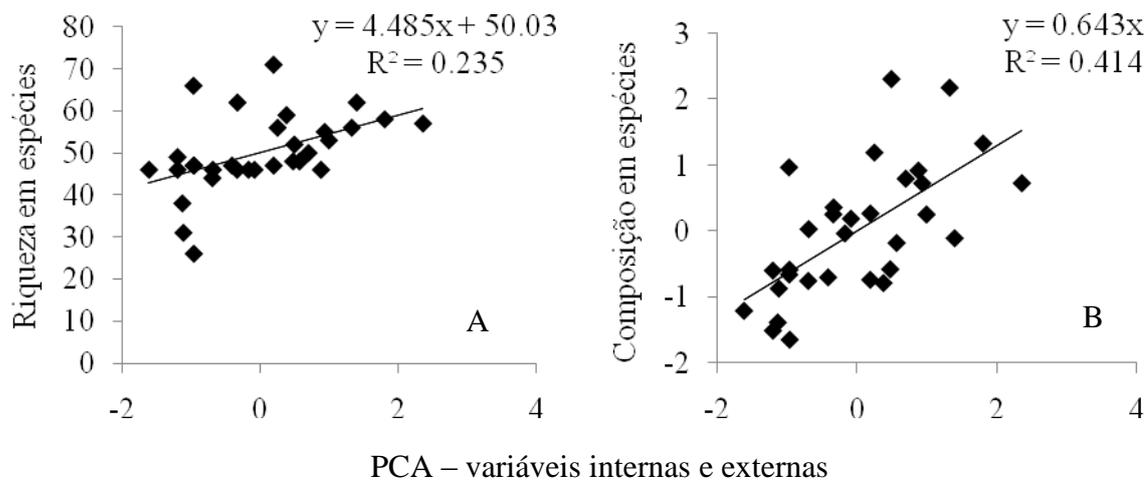


Figura 16: A e B: Relações entre a riqueza e composição em espécies de formigas com as variáveis internas e externas dos fragmentos.

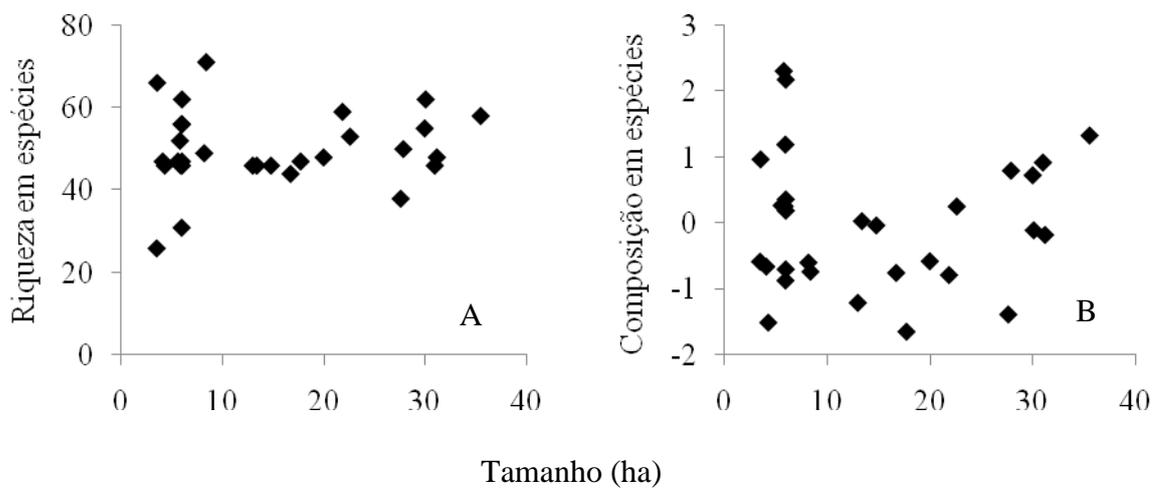


Figura 17: A e B: Relações entre a riqueza e composição em espécies de formigas com o tamanho dos fragmentos florestais.

5 DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da paisagem e fragmentos florestais no município de Vassouras, RJ

As três paisagens descritas no Município de Vassouras representaram gradientes de altitude e uso do solo. Todavia, o relevo, as faces de exposição e a radiação solar, apesar de não mostrarem grande variação para os fragmentos e paisagens na região, podem atuar mutuamente com os gradientes de altitude e uso do solo sobre a dinâmica biológica dos ecossistemas (OLIVEIRA et al., 1995; LAURANCE et al., 2002). De acordo com os gradientes a paisagem C possui a maior do uso do solo, principalmente na forma de pastagem. Isto se deve ao fato de que nesta paisagem o relevo é mais plano, o que facilitava o plantio e o escoamento da produção durante o ciclo do café (STEIN, 1985). Conseqüentemente, esta região (paisagem C) foi a mais degradada e, após o declínio da atividade cafeeira estas áreas continuaram a ser exploradas por outras culturas agrícolas e pela pecuária, principal atividade econômica do município atualmente (IBGE 2010). Na escala dos fragmentos, as principais diferenças foram apontadas para o número de árvores (NAR) e a área basal, sugerindo uma possível distinção entre os fragmentos florestais avaliados em Vassouras quanto ao estágio de sucessão (VIANNA & PINHEIRO, 1998; TURNER, 2005).

Apesar dos gradientes de altitude e uso do solo apenas a altitude revelou diferença significativa para os fragmentos. Possivelmente, este resultado pode estar relacionado a disposição espacial e a pouca variação no tamanho dos fragmentos que aqui foi insuficiente para a determinação de possíveis distinções (TURNER, 2005). Outro fator que contribuiu para a pouca variação dos atributos ambientais e estruturais e que reforça os resultados observados aqui é a baixa variação das faces de exposição e da radiação solar, o que proporciona certa homogeneidade quanto ao habitat para os fragmentos e paisagens. Estas características proporcionam as mesmas condições para as três paisagens. Por outro lado, apesar de não mostrar uma diferença significativa, a maior cobertura florestal da paisagem A pode sim estar relacionada as características do relevo e ao uso do solo. O relevo é um pouco mais íngreme, o que facilitaria a regeneração florestal hoje existente como mencionado por VIANA & PINHEIRO (1998) e GREGGIO et al. (2009) para outras regiões de Mata Atlântica no Estado de São Paulo. Quanto ao uso do solo durante o ciclo do café toda a região do município de Vassouras foi explorada. Com o declínio da atividade cafeeira as áreas mais íngremes e irregulares foram menos exploradas e em alguns casos abandonadas, enquanto que as áreas mais planas passaram a ser ocupadas por outras atividades como, por exemplo, a pecuária leiteira (Stein, 1985).

As três paisagens apresentam características peculiares e importantes em termos de conservação e preservação da biodiversidade, já que a região esta situada no domínio Mata Atlântica e por ter sido bastante degradada com os ciclos de desenvolvimento agrícola implantados no país. Portanto, para explorar o status de conservação da biodiversidade nesta região é preciso levar em consideração outros parâmetros, não apontados neste estudo, como a composição florística e fitossociologia. A compreensão e descrição de condições ambientais, caracterizando fragmentos florestais e suas respectivas paisagens é uma ferramenta de caráter indispensável em estudos focados em biodiversidade, principalmente em ambientes degradados. Além disso, esta caracterização pode ajudar na compreensão dos processos biológicos e ecológicos como, por exemplo, os padrões de distribuição de espécies essenciais no desenvolvimento de políticas para a conservação e o manejo (LAURANCE et al., 2002; TABARELLI & GASCON, 2005).

O tamanho, a forma e o grau de isolamento dos fragmentos não mostraram diferenças significativas para os fragmentos e paisagens aqui estudados. No entanto, sabe-se que estas

variáveis podem acarretar efeitos diretos e/ou indiretos nas populações de plantas e animais (LAURANCE et al., 2002). Isto porque, quanto menor o fragmento maior será a influência de fatores externos como o vento, temperatura, umidade e fogo (FAHRIG, 2003). Em termos de manutenção da biodiversidade os grandes fragmentos mostram-se mais relevantes, já que áreas maiores tendem a apresentar maior disponibilidade de recursos e nichos (FAHRIG, 2003). Por outro lado, os pequenos fragmentos em paisagens fragmentadas acabam funcionando, quando não muito isolados, como um elo entre os remanescentes florestais, como no caso da Mata Atlântica, permitindo maior fluxo de espécies (METZGER, 1999, TURNER, 2005).

Diminuir o isolamento entre os fragmentos é uma alternativa plausível de ser executada e, em alguns casos, pode ser realizada com a implantação de culturas florestais que simulem as condições de uma floresta como o reflorestamento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (1898) no Sul do Brasil (FONSECA et al., 2009), os sistemas agroflorestais como a cabruca no Sul da Bahia (DELABIE et al., 2007) e os cafezais sombreados no Sul do México (PERFECTO et al., 2003). No município de Vassouras, REZENDE (2007) demonstrou que 30% do território possui alta aptidão para o plantio do eucalipto. O que é uma porção considerável e uma boa opção, já que 97% estão ocupadas por pastagens (REZENDE, 2007). Apesar de apresentar uma estrutura homogênea um plantio de eucalipto é menos impactante do que uma pastagem e, ainda pode abrigar uma considerável porção de fauna, servindo como um elo de ligação entre os fragmentos, facilitando o deslocamento de espécies (TSCHARNTKE et al., 2002; THIES et al., 2003; TURNER, 2005; OTTE et al., 2007).

A caracterização dos fragmentos e paisagens no município de Vassouras mostrou que apesar do histórico de degradação, os fragmentos da paisagem A e B apresentam condições mais favoráveis a conservação da biodiversidade com fragmentos menos isolados do que a paisagem C. Observação semelhante ao estudo de SAATCHI et al. (2001) em fragmentos no sul da Bahia. TURNER (2005) também relata a conectividade entre fragmentos florestais como fator positivo para estratégias de conservação da biodiversidade. Além disso, este cenário aliado aos gradientes observados aqui indicam que a paisagem A pode apresentar um estágio mais avançado de sucessão, seguidos das paisagens B e C, corroborando aos resultados de VIANNA & PINHEIRO (1998) para fragmentos florestais em Piracicaba, SP.

Portanto, os fragmentos florestais e as paisagens estudadas em Vassouras, RJ apresentam valores distintos para a conservação da biodiversidade e, esforços para a conservação e manutenção destas formações florestais devem focar principalmente a paisagem C, visando ampliar o tamanho e a conectividade entre os fragmentos florestais através da recuperação de áreas degradadas como, por exemplo, as áreas de solo exposto e demais formações como as matas ciliares e demais áreas de proteção permanente.

5.2 Estrutura das comunidades de formigas de serapilheira na região do Vale do Paraíba, RJ

A subfamília Myrmicinae foi a principal responsável pela variação da riqueza de espécies nas paisagens, sendo a mais rica e diversa em termos de gêneros e espécies. Isso ratifica a variabilidade e a elevada diversidade de hábitos alimentares e de nidificação presentes neste grupo (HOLLOBLER & WILSON, 1990; FOWLER et al., 1991). Como também a hiperdiversidade do gênero *Pheidole*, que dentre os gêneros amostrados apresentou a maior riqueza e frequência. Sendo bem distribuído na região Neotropical com mais de 600 espécies (WILSON, 2003), o gênero *Pheidole* é bem representado em estudos nos mais diversos ambientes. Além disso, apresenta hábitos variados interagindo com plantas e outros

artrópodes (HOLDOBLER & WILSON, 1990; WILSON, 2003). Em ambos os casos, tanto para Myrmicinae quanto para *Pheidole*, os resultados corroboram ao padrão observado em outros pontos na região Neotropical tanto para a fauna de formigas epigéicas quanto para a fauna arbóricola (BENSON & HARADA, 1988; SILVA & SILVESTRE, 2004; WARD, 2000; MARINHO et al., 2002; LONGINO et al., 2002, SANTOS et al., 2006; CORREIA et al., 2006; VARGAS et al.; 2007; OLIVEIRA-SANTOS et al., 2009; GOMES et al., 2010a).

Exemplares das subfamílias Amblyoponinae e Procerattinae foram pouco representados, justamente por terem colônias menos abundantes na serapilheira e apresentarem hábitos hipogéicos (HOLDOBLER & WILSON, 1990). Vale ressaltar ainda a ausência de Cerapachyinae que mesmo sendo uma subfamília com espécies pouco abundantes e que nidificam em camadas superficiais do solo (HOLDOBLER & WILSON, 1990), é amostrada quando se utiliza extratores de Winkler. Segundo BESTELMEYER et al. (2000) esta técnica é a mais eficiente em ambientes com serapilheira, amostrando formigas de tamanho reduzido e crípticas, que são pouco frequentes em armadilhas de solo – *pitfall* (VARGAS et al., 2009).

As curvas de riqueza observada para as paisagens A, B e C indicam ainda que mais espécies podem ser amostradas. No entanto, pode se observar uma leve tendência a estabilização da curva para a paisagem C. As estimativas de riqueza em espécies mostraram que 70% das espécies foram amostradas na paisagem A, 75% na paisagem B e 90% na paisagem C, sugerindo que o esforço amostral foi suficiente para as conclusões e inferências apresentadas. Provavelmente, o número de espécies pode ser ainda maior com a utilização de outras técnicas de amostragem que contemplem a fauna arbóricola e hipogéica (ROMERO & JAFFE, 1989; AGOSTI & ALONSO, 2000, LONGINO et al., 2002). De modo geral, as estimativas nas três paisagens foram semelhantes aos estudos de DELABIE et al. (2000a), FEITOSA & RIBEIRO (2005), VEIGA-FERREIRA (2005), SANTOS et al. (2006) e GOMES et al. (2010a,b), todos em ambiente de Mata Atlântica, porém com menor esforço amostral do que o empreendido neste estudo.

O grande número de espécies muito raras ou muito comuns é bem relatada para a fauna de formigas em regiões tropicais, principalmente na serapilheira, seja em grandes áreas (HOLDOBLER & WILSON, 1990, OLSON, 1991, WARD, 2000, PARR & CHOWN, 2001) ou em fragmentos florestais menores (SCHOEREDER et al., 2004, SANTOS et al., 2006). Além disso, mesmo em inventários que empregaram técnicas variadas e adaptadas aos ambientes foram registrados um número elevado de espécies raras ou de espécies muito frequentes (LONGINO et al., 2002, SCHUTTE et al., 2007 DELABIE et al., 2000b). Portanto, esse resultado deve estar relacionado a padrões ecológicos mais gerais de estrutura de comunidades tropicais.

O critério empregado para avaliar a raridade das espécies nas três paisagens mostrou para a paisagem A que, não importando a escala, o caráter raro foi maior nesta paisagem. Porém, em termos de conservação, as paisagens B e C merecem a mesma atenção por apresentarem espécies exclusivas, não registradas na paisagem A. Portanto, a perda de fragmentos significaria a diminuição e/ou extinção de espécies em qualquer uma das três paisagens e dano irreparável à biodiversidade, principalmente na paisagem A. Além disso, as paisagens B e C são de extrema importância na conservação da biodiversidade, pois podem facilitar o fluxo destas populações entre os fragmentos.

Espécies raras podem indicar endemismo e servir como ferramenta em programas de monitoramento e conservação da biodiversidade (ALONSO, 2010). Entretanto, deve ser realizado um esforço na identificação destas espécies e na verificação dos padrões de raridade, pois algumas espécies podem ser amostradas acidentalmente quando se utiliza técnicas de amostragem específica para determinado ambiente. Como por exemplo, o registro de *Camponotus rufipes* muito comum em áreas abertas, sendo altamente competitiva (JAFFÉ

& SANCHEZ, 1984). Outro fato é o comportamento arborícola característico de alguns gêneros como *Camponotus*, *Crematogaster* e *Pseudomyrmex* que dificultam a amostragem destes na serapilheira. Portanto, espécies destes gêneros foram consideradas raras devido a uma tendência da técnica de amostragem. Do mesmo modo, as espécies de *Acromyrmex*, *Atta* e *Odontomachus* que mesmo comuns na serapilheira foram consideradas raras localmente. No caso de *Odontomachus chelifer* e *Atta sexdens rubropilosa* pode se supor que a raridade esteja relacionada ao tamanho corporal destas espécies e a sua agilidade que acabam não permitindo sua amostragem (VARGAS et al., 2009), apesar de terem sido registradas visualmente no campo ao longo do estudo.

A média do número de espécies por amostra para os fragmentos aqui estudados foi maior do que o observado por outros estudos em ambientes degradados de Mata Atlântica como, por exemplo, nos estudos de DELABIE et al. (2000a) no sul da Bahia, SANTOS et al. (2006) ao sul de Minas Gerais e GOMES et al. (2010a) no Norte de Alagoas. Mas, 40% inferior ao observado por VEIGA-FERREIRA (2005), em um remanescente florestal, relativamente bem conservado, na Reserva Biológica do Tinguá, RJ, apenas 20 km distante de Vassouras.

A riqueza e composição de espécies apresentou caráter semelhante para os fragmentos da mesma paisagem. Entretanto, os fragmentos não agrupados apontam para fatores que podem estar relacionados à composição da flora e a características da paisagem, como observado por GOMES et al. (2010a). Apesar de todos os fragmentos estudados serem regenerações florestais as paisagens apresentam valores distintos e importantes para a conservação da biodiversidade de formigas. Além disso, as diferenças observadas para a riqueza e composição de espécies entre os fragmentos e paisagens pode estar relacionada aos estágios de sucessão vegetal, uns mais outros menos avançados e a características físicas e estruturais em que se encontram os fragmentos florestais e as paisagens.

5.3 Efeito da fragmentação sobre a comunidade de formigas de serapilheira no Vale do Paraíba, RJ

Em um contexto geral os resultados mostraram que a fauna de formigas de serapilheira foi afetada pela fragmentação florestal, variando sua riqueza e composição em espécies significativamente entre as paisagens. Com relação ao tamanho o parâmetro riqueza não mostrou nenhuma variação, corroborando ao estudo de SANTOS et al. (2006) e GOMES et al. (2010a) que também não observaram tais diferenças. No entanto, esta relação para assembleias de formigas ainda é controversa, pois outros estudos verificaram que a riqueza de formigas variou quanto ao tamanho dos fragmentos florestais como demonstrado por BIEBER et al. (2006) e VASCONCELOS et al. (2006). Por outro lado, para os fragmentos florestais avaliados em Vassouras se observa uma estreita faixa de tamanho, o que pode não ter sido suficiente para revelar possíveis diferenças. Além disso, outros fatores como a própria distribuição espacial dos fragmentos na paisagem e o estado de regeneração florestal devem ser considerados.

No entanto, o município de Vassouras apresenta fragmentos que pouco variam quanto aos tamanhos, principalmente na paisagem C. Essa característica se deve aos fatores históricos referentes ao período do ciclo do café, onde praticamente todas as florestas no município foram derrubadas para a aquisição de novas áreas para o plantio (STEIN, 1985). Possivelmente, todos os fragmentos, inclusive os não estudados, podem ser regenerações do que antes foi uma grande lavoura de café que após o declínio do ciclo e a mudança de atividade das fazendas, passando para a pecuária e cultivos mistos, possibilitaram a

regeneração florestal de áreas abandonadas (STEIN, 1985). Estas áreas são, na sua grande maioria, áreas mais íngremes e de relevo mais acidentado. Consequentemente, as áreas mais planas continuaram a ser mais exploradas e se apresentam mais degradadas como demonstrado pelos gradientes de relevo, altitude e uso do solo na paisagem C.

Para a composição em espécies o padrão foi semelhante ao observado para a riqueza, mostrando assembléias distintas entre as paisagens. Os fragmentos da paisagem A mostraram uma fauna mais heterogênea em relação às outras paisagens (B e C) e com maior número de espécies raras, corroborando aos resultados de SOBRINHO & SCHOEREDER (2006) em fragmentos no município de Viçosa, MG e VASCONCELOS et al. (2006) na Amazônia. Apesar de não ser detectada uma variação significativa da composição com o tamanho dos fragmentos, outros estudos mostraram resultados contrários, onde a fauna em fragmentos menores foi um subconjunto da fauna presente nos grandes fragmentos (VASCONCELOS et al., 2001). De certa forma, mesmo não sendo significativa, a paisagem C (menos florestada) apresenta uma composição mais homogênea, ou seja, com poucas espécies únicas e grande parte em comum a outras paisagens, sendo assim um subconjunto da fauna observada para as paisagens A e B (mais florestadas). Estes resultados podem ainda estar atrelados a um efeito espacial onde os fragmentos e paisagens mais próximas tendem a apresentar maior similaridade quanto a fauna – auto correlação espacial.

As variáveis utilizadas para caracterizar os ambientes estudados explicaram significativamente partes significativas das variações na riqueza e na composição em espécies de formigas de serapilheira, evidenciando maiores distinções entre as paisagens A e C. Todavia, apesar de não revelar diferença significativa os fragmentos da paisagem C se mostram mais isolados, provavelmente, por características de relevo e do tipo de solo que proporcionam maior intensidade no do solo nesta paisagem. Assim sendo, a fauna de formigas que habita estes fragmentos sofre maior pressão, tendendo a migração e/ou a extinção. Além disso, estas áreas também podem ter o desempenho de suas funções ecológicas comprometidas (DIDHAM et al., 1996) e apresentar menor diversidade funcional como mencionado por BIHN et al., (2010). Por outro lado, mesmo depois com a análise dos resíduos as paisagens ainda apresentam diferenças, o que indica a existência de outras variáveis, não medidas neste estudo, como a composição e diversidade florística que é responsável pela heterogeneidade na serapilheira.

A maior riqueza e uma composição em espécies mais heterogênea observada para a paisagem A podem estar relacionadas ao estágio mais avançado de sucessão, já que nesta paisagem foram constatados maior área basal, número de árvores e arbustos, além de maior altitude e relevo mais acidentado em relação as outras paisagens. Este resultado corrobora aos de BIHN et al. (2010) na reserva nacional do rio Cachoeira, no Paraná. Estes autores observaram que fragmentos em estágios mais avançados de sucessão apresentaram maior diversidade funcional, riqueza e composição em espécies de formigas em relação a fragmentos em estágios iniciais. Além disso, estudos apontam para características de relevo, composição da flora, temperatura e umidade como fatores determinantes em padrões de riqueza e composição da fauna de formigas (OLIVER et al., 2000; VASCONCELOS et al., 2003; DIAS et al., 2008).

Em paisagens fragmentadas todos estes fatores influenciam direta ou indiretamente a dinâmica de processos ecológicos (BIERREGAARD et al., 1992), podendo inclusive reduzir a heterogeneidade na composição da serapilheira e alterar características de microclima (KASPARI, 2000; PARR & CHOWN, 2001), principalmente em fragmentos menores e isolados (DIDHAM 1997; LAURANCE et al., 2002). A não distinção da riqueza em espécies para as paisagens A e B e da composição entre B e C podem, de acordo com os resultados, estarem relacionadas a estes atributos. Outra questão seria as espécies oriundas da matriz que podem ser eventualmente amostradas nos fragmentos, como observado por DIAS et al.

(2008). Essa última questão pode explicar a maior riqueza de espécies em alguns fragmentos menores, como observado também por SANTOS et al. (2006).

Outro ponto importante a salientar são as relações muito estreitas que algumas espécies possuem em termos de ambiente e de recursos alimentares. O gênero *Pyramica* e *Strumigegeys*, por exemplo, são predadores de colembolos e são extremamente dependentes da serapilheira (FOWLER et al., 1991). Já outras espécies são menos exigentes e utilizam uma maior variedade de recursos como as predadoras generalistas. Para algumas espécies cultivadoras de fungo, aqui pouco representadas, a fragmentação pode reduzir a herbivoria como constatado por FÁVERI et al. (2008) e a densidade de espécies como observado por WIRTH et al. (2007) para *Atta cephalotes* e *Atta sexdens*. Em especial a riqueza de espécies de formigas está relacionada a complexidade estrutural do ambiente como demonstrado em outros estudos (NAKAMURA et al., 2003; LEPONCE et al., 2004; VARGAS et al., 2007) e, em se tratando de ambientes fragmentados os maiores e mais conservados proporcionariam condições mais propícias para sua sobrevivência (VASCONCELOS et al., 2006; BIHN et al., 2010), ou seja, maior disponibilidade de recursos alimentares e para nidificação.

Os fragmentos da paisagem A se mostram mais avançados em termos sucessionais, visto a maior área basal, número de árvores, arbustos e condições ambientais mais amenas e constantes, além das características de relevo que propiciaram o abandono das terras, facilitando a regeneração. Além disso, não apresentam elevada frequência de nenhuma espécie em particular, exceto *P. denticulata* que está entre as espécies mais comuns da Mata Atlântica (FAPESP, 2006). Em todas as paisagens a espécie *H. distinguenda*, comum na serapilheira de florestas tropicais e *Solenopsis* sp. 6, um gênero reconhecidamente com espécies agressivas, foram bastante frequentes não servindo como espécies indicadoras. Por outro lado, *P. eggersi* que é uma espécie críptica e predadora especialista (FOWLER et al., 1991) encontrada com frequência em áreas abertas como relatado por BROWN (1960) e constatado por RAMOS et al. (2004), e *W. auropunctata*, espécie exótica conhecida pela sua alta capacidade competitiva (MCINTYRE et al., 2001), foram mais frequentes na paisagem C e, portanto, podem estar indicando maior grau de degradação para esta paisagem.

Os atributos ambientais e estruturais avaliados aqui forneceram dados sobre o clima, estrutura interna e externa das paisagens que ajudaram a compreender como o processo de fragmentação florestal pode influenciar a biodiversidade de formigas na serapilheira em áreas degradadas. Atualmente, os efeitos deste processo são considerados as maiores ameaças a biodiversidade mundial e, assim como para mamíferos (PARDINI et al., 2005; UMETSU & PARDINI, 2007), artrópodes terrestres (UEHARA-PRADO et al., 2009) e opiliões (BRAGAGNOLO et al., 2007), as assembléias de formigas podem ter limitada a oferta de recursos alimentares, a disponibilidade de locais para nidificação, áreas de forrageamento e dispersão de espécies.

Para as comunidades de formigas em alguns casos descrever padrões de biodiversidade se torna difícil por conta da grande diversidade de funções ecológicas implícitas pela bionomia das espécies (HOLLOBLER & WILSON, 1990), o que implica em muitas variáveis atuando de maneira concomitante. Além disso, a falta de chaves dicotômicas mais precisas para grupos ainda pouco conhecidos inviabilizam maiores conclusões a nível específico. No entanto, as formigas fornecem um panorama bastante interessante sobre o atual estado de conservação de paisagens fragmentadas e, deste modo, facilitam a elaboração de ações futuras no sentido de conservação da biodiversidade não só na Mata Atlântica.

Vale ressaltar ainda outros estudos que poderão ser realizados para se apurar os padrões aqui apresentados, por meio de técnicas de amostragem que contemplem a fauna em outros extratos florestais, como a fauna de dossel e a hipogéica pouco avaliadas em estudos de biodiversidade. Por outro lado, a manutenção e preservação de todos os fragmentos são de suma importância para a conservação da biodiversidade na região, já que nas suas

proximidades está o Parque Estadual da Serra da Concórdia e a Reserva Biológica do Tinguá entre outras pequenas Unidades de Conservação. Todas estas áreas, sejam regenerações ou remanescentes florestais são de extrema importância na constituição dos blocos florestais que no contexto geral, visam a aumentar as áreas cobertas por florestas não só no Estado do Rio de Janeiro, mas em todo o domínio da Mata Atlântica.

6 CONCLUSÕES

- 1- As três paisagens estudadas no município de Vassouras, RJ apresentaram valores distintos para a conservação da mirmecofauna, por apresentarem riquezas e composições distintas relacionadas aos gradientes de altitude e uso do solo;
- 2- Os atributos ambientais e estruturais mostraram para a paisagem A maior heterogeneidade ambiental com maior cobertura florestal, altitude e relevo mais irregular, enquanto que para a paisagem C, revelaram condições mais homogêneas com as menores taxas de cobertura florestal, altitude e relevo mais plano;
- 3- As paisagens com maior heterogeneidade ambiental apresentaram maior riqueza e composição em espécies de formigas mais heterogênea, sendo positivamente relacionadas aos atributos ambientais e estruturais;
- 4- O tamanho, a forma e o grau de isolamento dos fragmentos florestais não demonstraram relação com a riqueza e composição em espécies de formigas;
- 5- As assembléias de formigas mostraram maior relação com os atributos ambientais e estruturais na escala do fragmento do que na escala da paisagem. Desta forma, as assembléias de formigas responderam mais precisamente aos efeitos da fragmentação florestal em pequena escala;
- 6- Apesar de fragmentada as paisagens estudadas apresentam boa representatividade da fauna de formigas características de Mata Atlântica. Portanto, é de extrema importância a preservação e conservação destes fragmentos, visando maior conectividade entre os mesmos e outros remanescentes florestais da região como a Reserva Biológica do Tinguá e o Parque Estadual da Serra da Concórdia, aumentando de forma geral o número de espécies protegidas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C. As populações caiçaras e o mito do bom selvagem: a necessidade de uma nova abordagem interdisciplinar. **Revista de Antropologia**, São Paulo, USP, v. 43 n. 1, p. 146-182. 2000.
- AGOSTI, D.; ALONSO, L. E. The ALL Protocol: a standard protocol for the collection of ground-dwelling ants, p.204-206. In Agosti D, Majer J D, Alonso L E, Schultz T R (eds.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, DC, Smithsonian Institution Press, 280p., 2000.
- ALONSO, L. E. Ant conservation: current status and a call to action. In: Lori Lach, Catherine L. Parr, and Kirsti L. Abbott (Ed.). **Ant ecology**, 429p., 2010.
- ANDERSEN, A. N. A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. **Journal of Biogeography**, v. 22, p. 15-29, 1995.
- ANDERSEN, A. N. Measuring invertebrate biodiversity: surrogates of ant species richness in the Australian seasonal tropics. **Memoris of the Museum of Victoria**, v. 56, n. 2, p. 355-359, 1997.
- ANTBASE. Antbase, **World Wide Web electronic publication**. Disponível em: www.antbase.org. Acessado em 1 de novembro de 2010.
- ARAÚJO, L. M.; FERNANDES, G. W. Altitudinal patterns in a tropical ant assemblage and variation in species richness between habitats. **Lundiana**, v. 4, p. 103-109, 2003.
- BAGUETTE, M.; VAN-DYCK, H. Landscape connectivity and animal behavior: functional grain as a key determinant for dispersal. *Biodiversity and Conservation*, v. 22, n. 8, p. 1117-1129, 2007.
- BENSON, W. W.; HARADA, A. Y. Local diversity of tropical and temperate ant faunas (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Amazônica**, v. 18, 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 ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation, p. 122-144. In: Agosti, D.; Majer, J. D.; Alonso, L. E.; Schultz, T. R. (eds.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, DC, Smithsonian Institution Press, 2000, 280p.
- BIEBER, A. G. D.; DARRAULT, O. P. G.; RAMOS, C. C.; MELO, K. K.; LEAL, I. R. Formigas, p. 257-275. In: Pôrto, C. K.; Almeida-Cortez, J. S.; Tabarelli, M. (Org.). **Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006, v. 14.
- BIERREGAARD, R. O.; GASCON, C. The Biological Dynamics of Forest Fragments Project: overview and History of a Long-Term conservation Project. p. 31-45 In: R. O. Bierregaard, C.; Gascon, T. E.; Lovejoy L.; Mesquita (eds). **Lessons From amazonia: The**

ecology and conservation of a Fragmented Forest. Yale university Press, new Haven. 2001, 478p.

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

BIHN, J. H.; GEBAUER, G.; BRANDL, R. Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. **Ecology**, v. 91, n. 3, p. 782–792, 2010.

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

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

BRAGAGNOLO, C.; NOGUEIRA, A. A.; PINTO-DA-ROCHA, R.; PARDINI, R. Harvestmen in an Atlantic forest fragmented landscape: Evaluating assemblage response to habitat quality and quantity. **Biological Conservation**, v. 139, n. 4, p. 389-400, 2007.

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

BROWN, W. L., Jr. The neotropical species of the ant genus *Strumigenys* Fr. Smith: Group of *gundlachi* (Roger). **Psyche**, v. 66, p. 37-52, 1960.

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

COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG, J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology**, v. 85, n. 10, p. 2717–2727, 2004.

COLWELL, R. K. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples.** Version 8.0. homepage: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. Acesso em 12/2008.

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.

CUMMING, G. S. Global biodiversity scenarios and landscape ecology. **Landscape Ecology**, v. 22, p. 671-685, 2007.

DEAN, W. **A Ferro e Fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira.** São Paulo: Companhia das Letras, 1996, 484p.

DEBINSKI, D.; HOLT, R. A. A survey and overview of habitats fragmentation. **Conservation Biology**, v. 14, n.2, p. 342-355, 2000.

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

DELABIE, J. H. C.; FISHER, B. L.; MAJER, J. D.; WRIGHT, I. W. Sampling effort and choice of methods. In: Agosti, D.; Majer J. D. Tennant de Alonso L, Schultz T (eds) **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution, Washington USA, p. 145–154, 2000b.

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, n. 5, p. 602–615, 2006.

DELABIE, J. H. C.; JAHYNY, B.; NASCIMENTO, I. C.; MARIANO, C. S. F.; LACAU, S.; CAMPIOLO, S.; PHILPOTT, M. S. & LEPONCE, M. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, p. 2359–2384, 2007.

DeMARCO, P.; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: Forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 1245-1255, 2004.

DIAS, N. S.; ZANETTI, R.; SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. & DELABIE, J. H. C. Interação de fragmentos florestais com agroecossistemas adjacentes de café e pastagem: respostas das comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae). **Iheringia**, v. 98, n. 1, p. 136-142, 2008.

DIDHAM, R. K.; GHAZOUL, J.; STORK, N. E.; DAVIS, A. J. Insects in fragmented forests: a functional approach. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 11, p. 255–260, 1996.

DOWNIE, I. S.; WILSON W. L.; ABERNETHY V. J.; MCCRACKEN, D. I.; FOSTER, RIBERA, G. N. I.; MURPHY, K. J. & WATERHOUSE, A. The impact of different agricultural land-use on epigeal spider diversity in Scotland. **Journal of insect Conservation**, v. 3, p. 273–286, 1999.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review Ecological Evolution System**. v. 34, p. 487–515, 2003.

FÁVERI, S. B.; VASCONCELOS, H. L. DIRZO, R. Effects of Amazonian forest fragmentation on the interaction between plants, insect herbivores, and their natural enemies. **Journal of Tropical Ecology**, v. 24, p. 57–64, 2008.

FEITOSA, R. S. M.; RIBEIRO, A. S. Myrmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira de uma área de Floresta Atlântica no Parque Estadual da Cantareira – São Paulo, Brasil. **Biotemas**, v. 18, p. 51-71, 2005.

FERNÁNDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá, 2003, 424p.

FITTKAU, E. J.; KLINGE, H. On biomass and trophic structure of Central Amazonian rain forest ecosystem. **Biotropica**, p. 2-14, 1973.

FONSECA, C. R.; GANAD, G.; BALDISSERA, R.; BECKER, C. G.; BOELTER, C. R.; BRESCOVIT, A. D.; CAMPOS, L. M.; FLECK, T.; FONSECA, V. S.; HARTZ, S. M.; JONER, F.; KAFFER, M. I.; LEAL-ZANCHET, A. M.; MARCELLE, M. P.; MESQUITA, A. S.; MONDIN, C. A.; PAEZ, C. P.; PRETRY, M. V.; PIOVENSAN, F. N.; PUTZQE, J.; STRANZ, A.; VERGARA, M.; VIEIRA, E. M. Towards an ecologically-sustainable forestry in the Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1209 – 1219, 2009.

FOWLER, H. G.; DELABIE, J. H. C.; BRANDÃO, C.R.F.; FORTE, L. C.; VASCONCELOS, H. L. Ecologia nutricional de formigas. In: Panizzi, A. R.; Parra, J. R. P. (Eds). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. Rio de Janeiro, Manole/CNPq. p.131-209, 1991.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. Mata **Atlântica: biodiversidade, Ameaças e Perspectivas**. São Paulo : Fundação SOS Mata Atlântica — Belo Horizonte : Conservação Internacional, 2005, 472p.

GOMES, J. P.; IANNUZZI, L.; LEAL, I. R. Resposta da Comunidade de Formigas aos Atributos dos Fragmentos e da Vegetação em uma Paisagem da Floresta Atlântica Nordeste. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 898-905, 2010a.

GOMES, J. B. V.; BARRETO, A. C.; MICHEREFF, M. F.; VIDAL, W. C. L.; COSTA, J. L. S.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURI, N. Relações entre atributos do solo e atividade de formigas em restingas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, p. 67-78, 2010b.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Ed Artmed. 683p.

GREGGIO, T. C.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M. Avaliação dos fragmentos florestais do município de Jaboticabal, SP. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.117-124, 2009.

HAMMER, Q.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. Palaeontologia Electronica, v. 4, n. 1, p. 0-9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm, 2001.

HÖFER, H.; MARTIUS, C.; BECK, L. Decomposition in an Amazonian rainforest after experimental litter addition in small plots. **Pedobiologia**, v. 40, p. 570-576, 1996.

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

YOUNG, C. E. F. Causas socioeconômicas do desmatamento da Mata Atlântica brasileira. In Galindo-Leal, C; Câmara, I. G. (Eds.). **Mata Atlântica: biodiversidade, Ameaças e Perspectivas**. São Paulo : Fundação SOS Mata Atlântica — Belo Horizonte : Conservação Internacional, 2005, 472p.

IBGE. **IBGE-Cidades@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em nov. 2010.

JAFFÉ, K. & SANCHEZ, C. On the nestmate-recognition system and territorial marking behaviour in the ant *Camponotus rufipes*. **Insectes Sociaux**, v. 31, n. 3, p. 302-315, 1984.

KASPARI, M.; MAJER, J. D. Using ants to monitor environmental change. In: AGOSTI, D.; Majer, J. D.; Alonso, L. E.; Schultz, T. R. (Eds). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution. p.89-98, 2000.

LAWTON, J.H.; MAY, R. M. (Eds). **Extinction rates**. OUP, Oxford, Reino Unido, 1995, 243p.

LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E.; VASCONCELOS, H. L.; BRUNA, M.; DIDHAM, R. K.; STOUFFER, P. C.; GASCON, C.; BIERREGAARD, O.; LAURANCE, S. G.; SAMPAIO, A. ecosystem decay of amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, p. 605-618, 2002.

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

LEPONCE, M.; THEUNIS, L.; DELABIE, J. H. C.; ROISIN, Y. Scale dependence of diversity measures in a leaf-litter ant assemblage. **Ecography**, v. 27, n. 2, p. 253-267, 2004.

LEWINSOHN T. M; FREITAS, A. V. L; PRADO, P. I. Conservation of Terrestrial Invertebrates and Their Habitats in Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 640-645, 2005.

LONGINO, J. T.; CODDINGTON, J.; COLWELL, R. K. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness in three different ways. **Ecology**, v. 83, p. 689-702, 2002.

LOREAU, M., A.; OTENG-YEBOAH, M. T. K.; ARROYO, D.; BABIN, R.; BARBAULT, M.; DONOGHUE, M.; GADGIL, C.; HÄUSER, C.; HEIP, A.; LARIGAUDERIE, K. Ma, G.; MACE, H. A.; MOONEY, C.; PERRINGS, P.; RAVEN, J.; SARUKHAN, P.; SCHEI, R. J.; SCHOLE, R. T.; WATSON, T. Diversity without representation. **Nature**, v. 442, p. 245-246, 2006.

LOYOLA, R. D.; OLIVEIRA-SANTOS, L. G. R.; ALMEIDA-NETO, M.; NOGUEIRA, D. M.; KUBOTA, U.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; LEWINSOHN, T. M. Integrating Economic Costs and Biological Traits into Global Conservation Priorities for Carnivores. **PLoS ONE**, v. 4, n. 8, p. 1-9, 2009.

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

MARTINS, L. **Estrutura de comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) do Planalto do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011, 83 pp.

MCINTYRE, N. E. Ecology of urban arthropods: a review and a call to action. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 93, p. 825-835, 2000.

METZGER, J. P. O que é ecologia da paisagem?. **Biota Neotropica**. v. 1, n. 1, p. 1-9, 2001.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas, p. 423-453. In: Cullen, L.; Rudran, R. & Valladares-Padua, C. (Eds.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**, 2003. 652p.

MITTERMEIER, R. A.; ROBLES-GIL, P.; HOFFMAN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOREUX, J. F.; FONSECA, G. A. B. Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. **CEMEX**, Cidade do México, México. 2004.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A. Impact and acceptance of the hotspots strategy: response to Ovadia and to Brummitt and Lughadha. **Conservation Biology**, v. 17, p. 1449-1450, 2003.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-845, 2000.

MORELLATO, P. C.; HADDAD, C. F. B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica** v. 32 n. 4, p.786-792, 2000.

NAKAMURA, A.; PROCTOR, H.; CATTERALL, C. P. Using soil and litter arthropods to assess the state of rainforest restoration. **Ecological Management and Restoration**, v. 4, p. 20-28, 2003.

OLIVEIRA, M. L. R.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G. Equações de volume de povoamento para fragmentos florestais naturais do município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.29, n.2, p.213-225, 2005.

OLIVEIRA, R. R.; ZAU, A. S.; LIMA, D. F.; SILVA, M. B. R.; VIANNA, M. C.; SODRE, D. O.; SAMPAIO, P. D. Significado ecológico da orientação de encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, p. 523-541, 1995.

OLIVEIRA-SANTOS, L. G. R.; LOYOLA, R. D.; VARGAS, A. B. Canopy traps: A Technique for Sampling Arboreal Ants in Forest Vertical Strata. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 5, p. 691-694, 2009.

OLIVER, I.; NALLY, R.M.; YORK, A. Identifying performance indicators of the effects of forest management on ground-active arthropod biodiversity using hierarchical partitioning and partial canonical correspondence analysis. **Forrest Ecology and Management**, v. 139, p. 21-40, 2000.

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

OTTE, A.; SIMMERING, D.; WOLTERS, V. Biodiversity at the landscape level: recent concepts and perspectives for multifunctional land use. **Landscape Ecology**, v. 22, p. 639–642, 2007.

PARDINI, R.; SOUZA, S. M.; BRAGA-NETTO, R.; METZGER, J. P.; The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in a tropical forest landscape. **Biological and Conservation**, v. 124, p. 253–266, 2005.

PARR, C. L.; CHOWN, S. L. Inventory and bioindicator sampling: testing pitfall and Winkler methods with ants in South African savanna. **Journal of Insect Conservation**, v. 5, p. 27–36, 2001.

PEREIRA, M. P. S.; QUEIROZ, J. M.; VALCARCEL, R.; MAYHÉ-NUNES, A. J. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 197–204, 2007.

PERFECTO, I. & SNELLING, R. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. **Ecological Applications**, v. 5, p. 1084–1097, 1995.

PERFECTO, I.; MAS, A.; DIETSCH, T. e VANDERMEER, J. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. **Biodiversity and Conservation**, v. 12, p. 1239–1252, 2003.

PIANKA, E. R. **Evolutionary Ecology**. 5 ed. Harper Collins College Publishers. 1994. 486 p.

PRIMACK R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina, Editora Planta, 2002, 328p.

RADAMBRASIL. **Mapas Geológico, Geomorfológico, de Vegetação, de Avaliação do Relevo, de Capacidade de Uso dos Recursos Naturais Renováveis, Exploratório de Solos, Levantamento de Recursos Naturais**. MME, Secretaria Geral, Rio de Janeiro, Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória, 1983.

RAMOS, L. S.; ZANETTI, R.; MARINHO, C. G. S.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; ALMADO, R. P. Impacto das capinas mecânica e química do sub-bosque de *Eucalyptus grandis* sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 139–146, 2004.

REZENDE, E. M. C. **Zoneamento ambiental para plantio de eucalipto no município de vassouras, estado do Rio de Janeiro – RJ**. 2007. 36p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; Hirota, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological and Conservation**, v. 142, p. 1141–1153, 2009.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; ALVES, M. A. S.; VANSLUYS, M. **Biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica**, 2003. 134 p.

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

- SAATCHI, S.; AGOSTI, D.; ALGER, K.; DELABIE, J. H. C.; MUSINSKY, J. Examining fragmentation and loss of primary forest in the Southern Bahian Atlantic forest of Brazil with radar imagery. **Conservation Biology**, v. 15, n. 4, p. 867-875, 2001.
- SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. N. C.; DIAS, N.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia**, v. 96, n. 1, p. 95-101, 2006.
- SCHMIDT, F. A.; DIEHL, E. What is the Effect of Soil Use on Ant Communities? **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 4, p. 381-388, 2008.
- SCHOEREDER, J. H.; SOBRINHO, T. G.; RIBAS, C. R.; CAMPOS, R. B. F. The colonization and extinction of ant communities in a fragmented landscape. **Austral Ecology**, v. 29, p. 391-398, 2004.
- 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**, v. 97, n. 1, p. 103-110, 2007.
- SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 44, n. 1, p. 1-11, 2004.
- SILVA, R. R.; FEITOSA, R. S. M.; EBERHARD, F. Reduced ant diversity along a habitat regeneration gradient in the southern Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 240, p. 61-69, 2007.
- SOBRINHO, T. G.; SHOEREDER, J. H. Edge and shape effects on ant (Hymenoptera: Formicidae) species richness and composition in forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, n. 5, p. 1459-1470, 2006.
- SOFFIATTI, A. Destruction and Protection of Rio de Janeiro's Atlantic Rain Forest: A bibliographical essay on eco-history. *História, Ciências, Saúde* — **Manguinhos**, v. 4, n. 2, p.309-327, 1997.
- STEIN, S. J. **Vassouras um município brasileiro do café, 1850-1900**. Ed. Nova Fronteira, 1985, 361p.
- STORK, N. E. How many species are there? **Biodiversity and Conservation**, v. 2, p.215-232, 1993.
- TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**. v. 1, n. 1, p. 181-188, 2005.
- TSCHARNITKE, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; KRUESS, A. & THIES, C. Characteristics of insect populations on habitat fragments: A mini review. **Ecological Research**, v. 17, 2002, p. 229-239.

THIES, C.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. **OIKOS**, v. 101, p. 18–25, 2003.

TURNER, M. G. Landscape ecology: What is the state of the science. **Annual Review Ecological Evolution System**, v. 36, p. 319–44, 2005.

UEHARA-PRADO, M.; FERNANDES, J. O.; BELLO, A. M.; MACHADO, G.; SANTOS, A. J.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; LUCCI-FREITAS, A. V. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1220–1228, 2009.

UMETSU, F. & PARDINI, R. Small mammals in a mosaic of Forest remnants and anthropogenic habitats evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. **Landscape Ecology**, v. 22, p. 517–530, 2007.

VARGAS, A. B.; MAYHE-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M.; ORSOLON, G. S.; FOLLY-RAMOS. Efeito de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidade de restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 1, p. 028-037, 2007.

VARGAS, A. B.; QUEIROZ, J. M.; MAYHE-NUNES, A. J.; ORSOLON, G. S.; FOLLY-RAMOS. Teste da Regra de Equivalência Energética para Formigas de Serapilheira: Efeitos de Diferentes Métodos de Estimativa de Abundância em Floresta Ombrófila. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 6, p. 867-870, 2009.

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

VASCONCELOS, H. L.; MACEDO, A. C. C.; VILHENA, J. M. S. Influence of Topography on the Distribution of Ground-Dwelling Ants in an Amazonian Forest. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 38, n. 2, p. 115–124, 2003.

VASCONCELOS, H. L.; VILHENA, J. M. S.; MAGNUSSON, W. E.; ALBERNAZ, A. L. K. M. Long-term effects of Forest fragmentation on Amazonian ant communities. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 1348-1356, 2006.

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, p. 49-54, 2005.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **IPEF**, v.12, n.32, p.25-42, 1998.

WARD, P. S. Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities. p. 99-121. In: Agosti, D. J. D., Majer, L., Alonso, E. & Schultz, T. R. (Ed.). **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000, 280 p.

WARD, P. S. Taxonomy, phylogenetics and evolution. In: Lori Lach, Catherine L. Parr, and Kirsti L. Abbott (Ed.). **Ant ecology**, 2010, 429p.

WILSON, E.O. **The Diversity of Life**. W. W. Norton and Company, New York, 1992.

WILSON, E. O. **Pheidole in the new world: a dominant, hyperdiverse ant genus**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 2003. p. 794. CDRom.

WIRTH, R.; MEYER, S. T.; ALMEIDA, W. R.; ARAÚJO, M. V. Jr.; BARBOSA, V. L.; LEAL, I. R. Increasing densities of leaf-cutting ants (*Atta* spp.) with proximity to the edge in a Brazilian Atlantic forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 23, p. 501–505, 2007.

ZAR, J. H. **Bioestatistical analysis**. 4 ed. New Jersey, Prentice Hall, 1999, 663 p.