



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ/MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM ZOOLOGIA

DIVERSIDADE E COMPOSIÇÃO DE FORMIGAS PONERINES
(HYMENOPTERA, FORMICIDAE, PONERINAE) DE
SERAPILHEIRA NA ESTAÇÃO CIENTÍFICA FERREIRA PENNA,
CAXIUANÃ, MELGAÇO, PARÁ, BRASIL

Alexandro Herbert dos Santos Bastos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, curso de Mestrado, da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Zoologia.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Yoshi Harada

BELÉM/PA
2009

ALEXANDRO HERBERT DOS SANTOS BASTOS

DIVERSIDADE E COMPOSIÇÃO DE FORMIGAS PONERINES
(HYMENOPTERA, FORMICIDAE, PONERINAE) DE
SERAPILHEIRA NA ESTAÇÃO CIENTÍFICA FERREIRA PENNA,
CAXIUANÃ, MELGAÇO, PARÁ, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, curso de Mestrado, da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Zoologia.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Yoshi Harada

BELÉM/PA
2009

ALEXANDRO HERBERT DOS SANTOS BASTOS

DIVERSIDADE E COMPOSIÇÃO DE FORMIGAS PONERINES
(HYMENOPTERA, FORMICIDAE, PONERINAE) DE
SERAPILHEIRA NA ESTAÇÃO CIENTÍFICA FERREIRA PENNA,
CAXIUANÃ, MELGAÇO, PARÁ, BRASIL

Dissertação aprovada em 21 de maio de 2009

Dra. Ana Yoshi Harada (Orientadora)
CZO/Setor de Invertebrados/Museu Paraense Emílio Goeldi

Dr. Jacques Hubert Charles Delabie (Avaliador)
Laboratório de Mirmecologia/Universidade Estadual de Santa Cruz/Comissão
Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira/CEPEC

Dr. Sérgio Pontes Ribeiro (Avaliador)
DEBIO/ICEB/Universidade Federal de Ouro Preto

Dr. William Leslie Overal (Avaliador)
CZO/Setor de Invertebrados/Museu Paraense Emílio Goeldi

BELÉM/PA
2009

DEDICATÓRIA

Ofereço e dedico às pessoas que sempre me alegram com suas presenças: Cristiane Bastos (meu amor), meus pais, minhas avós (Oscarina e Nati), meus irmãos (Piet e Iago) e as princesas que nasceram minhas irmãs (Priscila e Maiana).

EPÍGRAFE

“Vai ter com a formiga, ó preguiçoso,
considera os seus caminhos e sê sábio.
Não tendo ela chefe, nem oficial, nem
comandante, no estio, prepara o seu pão,
na sega, ajunta o seu mantimento.”

(Provérbios 6: 6-8)

AGRADECIMENTOS

Sobretudo agradeço a Deus.

A toda minha família, especialmente à Cristiane (minha esposa), pelo zelo, apoio, compreensão e dedicação total.

Meus sinceros agradecimentos a minha orientadora Profa. Dra. Ana Y. Harada, pelas valiosas e fundamentais contribuições no desenvolvimento de toda minha vida científica e, obviamente, deste trabalho; além de incentivar minhas curiosidades sobre o mundo das formigas.

Às coordenações da Estação Científica Ferreira Penna, do Projeto TEAM/Caxiuanã e do Programa de Pós-graduação em Zoologia; ao Museu Goeldi e Universidade Federal do Pará, pela oportunidade, infra-estrutura e apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

Gostaria de agradecer também aos auxiliares de campo e o pessoal da ECFPn, inclusive do barco B/M Ferreira Penna (fico grato por tudo pessoal!), além das demais pessoas que contribuíram nas coletas do material.

Aos meus mestres acadêmicos, grandes responsáveis por minha formação; e aos meus amigos desde a graduação, Pedro Paulo e Fernando, que nem sabem o quanto são importantes!

Aos que integraram o laboratório de mirmecologia. Muitos vieram, se foram e até voltaram, mas todos foram companheiros no labor, principalmente meus grandes amigos Douglas e Rodrigo (obrigado irmãos!).

Agradeço, ainda, aos meus colegas da turma do Mestrado 2007 pelos momentos de companhia, descontração e trabalho (aliás, muito trabalho!).

Sou especialmente grato à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo em incentivo e apoio à realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	vi
Resumo.....	ix
Abstract.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	08
2.1. OBJETIVO GERAL.....	08
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	08
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	09
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	09
3.2. METODOLOGIA.....	11
3.2.1. Coleta de Dados.....	11
3.2.2. Análise dos Dados.....	15
4. RESULTADOS.....	19
4.1. DIVERSIDADE, ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE ESPÉCIES.....	19
4.2. COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES.....	30
5. DISCUSSÃO.....	34
5.1. DIVERSIDADE, ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE ESPÉCIES.....	34
5.2. COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES.....	39
6. CONCLUSÕES.....	46
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

Lista de Figuras

- Figura 1 – Localização das áreas de estudo (PLOT) na ECFPn e na FLONA de Caxiuanã, Pará, Brasil..... 09
- Figura 2 – Diagrama das áreas com implantação dos transectos (linhas azuis)..... 12
- Figura 3 – Técnica de coleta da serapilheira no campo. A: demarcação da área de extração da serapilheira; B: peneirando a serapilheira extraída..... 12
- Figura 4 – Detalhes do método para a obtenção das formigas. A: saco telado contendo a serapilheira peneirada; B: extrator de mini-Winkler com o frasco coletor (anexado à base) e o saco telado (interno) instalados; C: retirada do material coletado após o período estabelecido..... 14
- Figura 5 – Distribuição do número de espécies de ponerines por valores de abundância em 72 unidades amostrais de serapilheira na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil..... 20
- Figura 6 – Distribuição do número de espécies de ponerines por amostra em 72 amostras de serapilheira na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil..... 20
- Figura 7 – Distribuição da abundância de espécies de ponerines coletadas nas seis áreas de floresta primária na ECFPn. Símbolo: traço interno ao box=mediana..... 23
- Figura 8 – Distribuição da riqueza de espécies de ponerines coletadas nas áreas de estudo. Símbolo: traço interno ao box=mediana..... 23

Figura 9 – Quantidade de serapilheira amostrada em seis áreas de floresta primária na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil. Símbolos: traços externos paralelos ao box=valores máximo e mínimo; traço interno ao box=mediana..... 24

Figura 10 – Curvas de acumulação da riqueza de espécies de formigas ponerines (estimadas, observadas, únicas e duplicatas) em seis áreas de floresta primária na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil. Jack 1= estimador Jackknife 1 indicando o desvio padrão; Sobs= riqueza observada - Mao Tau; IC= intervalo de confiança; únicas= espécies com um registro; e duplicatas= espécies com dois registros..... 25

Figura 11 – Curva geral de acumulação da riqueza de espécies de formigas ponerines (estimadas, observadas, únicas e duplicatas) em 72 amostras de serapilheira na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil. Jack 1= estimador Jackknife 1 indicando o desvio padrão; Sobs= riqueza observada - Mao Tau; IC= intervalo de confiança; únicas= espécies com um registro; e duplicatas= espécies com dois registros..... 27

Figura 12 – Relação entre a abundância de espécies de formigas ponerines e a quantidade de serapilheira (volume de serapilheira peneirada). Símbolos: círculos preenchidos= amostras da coleta de outubro de 2003; círculos abertos= janeiro de 2004..... 28

Figura 13 – Relação entre a riqueza de espécies de ponerines e a quantidade de serapilheira (volume de serapilheira peneirada). Símbolos: círculos preenchidos= amostras da coleta de outubro de 2003; círculos abertos= janeiro de 2004..... 29

Figura 14 – Projeção dos escores da composição de espécies no escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para 72 amostras de serapilheira extraídas de seis áreas de floresta primária na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará (medida de similaridade de Jaccard; $stress=0,34$). Símbolos: cruz= amostras da coleta de abril de 2003; círculo preenchido= outubro de 2003; e círculo aberto= janeiro de 2004..... 31

Figura 15 – Relação entre a composição de espécies de formigas ponerines (Eixo 1 gerado a partir do escalonamento multidimensional não-métrico) e o volume de serapilheira peneirada (transformado em Log_{10}). Símbolos: círculos preenchidos= amostras da coleta de outubro de 2003; círculos abertos= janeiro de 2004..... 33

Resumo

Inventários da mesofauna de solo e serapilheira em florestas tropicais apresentam a subfamília Ponerinae (Hymenoptera, Formicidae) como uma das mais conspícuas e a segunda com maior riqueza e abundância, depois da subfamília Myrmicinae. Nestes ambientes, as ponerines constituem componentes ecologicamente importantes, onde são notáveis predadoras de outros invertebrados e podem nidificar nos troncos em decomposição ou na serapilheira. Este estudo foi realizado com a intenção de investigar a distribuição espacial das espécies de formigas da subfamília Ponerinae associadas à serapilheira, considerando sua abundância, riqueza, diversidade e composição, em seis áreas de floresta primária (Áreas I, II, III, IV, V e VI) na Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn), Caxiuanã, Melgaço, Pará; e como a quantidade de serapilheira influencia nessa distribuição. Este estudo resulta de três coletas realizadas pelo Protocolo de Monitoramento de Formigas do Projeto TEAM/Caxiuanã entre abril de 2003 e janeiro de 2004. Coletaram-se 720 sub-amostras de 1 m² de serapilheira, distribuídas em 72 transectos de 100 m (unidade amostral) entre as seis áreas durante as coletas (quatro transectos por área em cada coleta), utilizando extratores de mini-Winkler. Identificaram-se 4.031 exemplares, pertencentes às três tribos, oito gêneros e 60 espécies de Ponerinae em 470 registros, sendo que o número médio de espécies por amostra foi de 6,52, e estimou-se encontrar 81 espécies (Jackknife 1). *Hypoponera* foi o gênero com maior abundância (268 registros) e riqueza de espécies (22), compreendendo junto com *Pachycondyla* mais de 70% das espécies. A Área V apresentou maior diversidade ($H= 3,30$),

abundância (121) e riqueza (38) em espécies, além de maior volume de serapilheira (ANOVA; $p < 0,05$ entre a Área V e as demais). A quantidade de serapilheira afetou positivamente a abundância e a riqueza de espécies, e também influenciou na composição de espécies. As espécies mais freqüentes (abundantes) nas amostras foram *Hypoponera* sp#1, *Hypoponera* sp#2, *Hypoponera* sp#6, *Hypoponera* sp#7, *Odontomachus scalptus* e *Pachycondyla constricta*, que juntas representaram mais de 50% da abundância total. No geral, as ponerines apresentaram ampla distribuição na serapilheira de floresta primária na ECFPn, sendo numericamente influenciadas pela quantidade de serapilheira; as áreas apresentaram diferenças na diversidade, abundância e riqueza das espécies encontradas; e, como efeito do elevado número de espécies raras, encontrou-se baixa similaridade na composição de espécies entre amostras próximas; logo, mesmo em pequena escala, a heterogeneidade da camada de serapilheira na floresta amazônica tem importante papel na distribuição das espécies.

Abstract

The ponerines, after myrmicines, are the most conspicuous, rich and abundant ground-dwelling ants from tropical rain forests. In this ecosystem the ponerines are ecologically important, since they prey many kinds of invertebrates and nest among leaf litter and rotten logs. In this work the range of leaf litter Ponerinae ants was studied, as well their abundance, richness, diversity, and species composition. In addition, how the litter quantity affect the ponerines range was analyzed. This study was carried out in six primary Amazonian forest areas of 1 Km² (Area I, II, III, IV, V, and VI) at Ferreira Penna Scientific Station (ECFPn), Caxiuanã, Melgaço, Pará state, Brazil. The material was collected at April and October of 2003, and January of 2004, following the Ants Monitoring Protocol of TEAM Initiative/Caxiuanã Project for the study of leaf litter ants. In each sampled site four transects lines of 100 m (sample units) with 10 samplings points were established. At each sampling point of 1 m², the leaf litter samples were sifted and then placed in mini-Winkler sacks. A total of 4,031 specimens were collected, belonging to three tribes, eight genera, and 60 species of Ponerinae in 470 records. In average 6.52 species were collected per sample. The total richness was estimated in 81 species using first order Jackknife method. *Hypoponera* was the most abundant and rich genus, with 22 species in 268 records. The genus *Hypoponera* plus *Pachycondyla* showed a strong numerical dominance, with more than 70% of collected species. The Area V was the most diverse (H=3.30), with the highest species richness (38) and abundance (121 records), as well as with the largest amount of leaf litter (ANOVA; p<0,05 between Area V and the other sites). The quantity of leaf litter

affected positively the ponerines ants species abundance and richness, and also influenced the species composition. The most common species were: *Hypoponera* sp#1, *Hypoponera* sp#2, *Hypoponera* sp#6, *Hypoponera* sp#7, *Odontomachus scalptus* and *Pachycondyla constricta*. These few species (10%) yielded more than half of total abundance. In short, the ponerines were widely spread in the leaf litter of ECFPn primary forests, being numerically affected by leaf litter volume. The sites showed differences in species diversity, abundance and richness. Furthermore, the species composition of ponerines ants at nearby samples often presented low similarity once high number of species was rare. Thus, the leaf litter availability of Amazonian forest is a key role on species distribution, even at small scales.

1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais são ecossistemas com elevada diversidade de processos ecológicos e abrigam maior diversidade biológica que qualquer outro ambiente terrestre (Bawa *et al.* 2004). Isso está relacionado principalmente à alta abundância de espécies de insetos, e outros artrópodes, nessas áreas (Primack & Rodrigues 2001). As estimativas de riqueza, com números de milhões de espécies ainda não catalogadas, desta classe de invertebrados (Basset *et al.* 1996; Odegaard *et al.* 2000) e o desflorestamento desenfreado nas regiões tropicais (Tabarelli & Gascon 2005), contribuem para a relevância dos estudos de distribuição, diversidade e composição destes organismos dentro das florestas tropicais. O conhecimento sobre a estrutura e o funcionamento desses ecossistemas constitui um elemento fundamental face aos desafios conservacionistas deste século (Bawa *et al.* 2004).

A Amazônia é uma das principais zonas tropicais da região Neotropical com muitos centros de endemismo (Silva *et al.* 2005); alta diversidade local e riqueza de espécies em seus vários tipos florestais; e elevada heterogeneidade de habitats, a qual explica, de certo modo, os endemismos e a elevada biodiversidade. Na floresta tropical pluvial amazônica a diversidade de insetos é bastante elevada em relação a uma floresta temperada ou subtropical, provavelmente devido à ampla variedade de locais para nidificação como reflexo da história evolutiva da região (Benson & Harada 1988; Majer & Delabie 1994; Primack & Rodrigues 2001).

Em ambientes estruturalmente complexos, como as florestas tropicais, as formigas são consideradas um dos principais componentes biológicos, compreendendo um terço da biomassa animal, junto com os cupins (Fittkau & Klinge 1973). Elas formam a megadiversa família Formicidae (Insecta, Hymenoptera), a qual está constituída de 21 subfamílias, aproximadamente 300 gêneros e mais de 12400 espécies descritas (Bolton 2003; Agosti & Johnson 2009). Para a região Neotropical são conhecidas 14 subfamílias, 119 gêneros com cerca de 3000 espécies viventes (Fernández 2007). Em ecossistemas tropicais, formicídeos são organismos dominantes em riqueza de espécies, abundância e diversidade em vários habitats; sendo encontrados em todos os estratos florestais, utilizando inúmeros recursos e desenvolvendo funções relevantes na ciclagem de nutrientes (Hölldobler & Wilson 1990; Longino & Nadkarni 1990; Diehl-Fleig 1995).

Um estrato florestal de elevada importância para o conhecimento sobre a biodiversidade de florestas tropicais é a camada de serapilheira, onde ocorre o processo de mineralização e boa parte da decomposição da matéria orgânica, e contém uma fauna rica e hiperdiversa (Delabie & Fowler 1995; Sayer 2006). Em alguns locais tropicais até 50% da fauna de formigas pode estar associada à serapilheira (Delabie & Fowler 1995), uma vez que nela podem ser encontrados artrópodes em abundância, considerados potenciais presas para formigas; grande número de sítios para nidificação; e uma série de microhabitats que garantem condições favoráveis às formigas (Benson & Harada 1988; Silva & Silvestre 2004).

Embora a fauna de formigas que habita na serapilheira ainda seja considerada uma das fronteiras para o conhecimento da biodiversidade, houve significativos progressos de informações consequentes do uso dos extratores de Winkler em diversos protocolos de coletas (Bestelmeyer *et al.* 2000; Silva & Silvestre 2004). Em uma floresta tropical úmida da Costa Rica, Olson (1991) comparou a eficiência das técnicas Winkler e *pitfall* para coleta de formigas de serapilheira, encontrando maiores números de gêneros, espécies e operárias na de Winkler. Kalif & Moutinho (2000) testaram a eficácia de três métodos distintos (*pitfall*, mini-Winkler e Berlese) para coleta de formigas de serapilheira na Amazônia brasileira, e concluíram que o método do extrator de Winkler foi o mais representativo para estudar a composição e estimar a riqueza das espécies em estudos de monitoramento a longo prazo. Avaliações dos elementos de diversidade dos organismos que habitam solo e serapilheira, como número e composição, assim como suas funções, são capazes de inferir sobre o caráter pedogênico, padrões de sucessão da vegetação e eventuais perturbações num dado local; entretanto, estudos qualitativos desta natureza têm se confrontado com a dificuldade de conhecimento taxonômico de alguns organismos, especialmente em regiões tropicais, tornando problemática a utilização desses grupos como indicadores ambientais (Hilty & Merenlender 2000; Freitas *et al.* 2004).

Em geral, formigas que nidificam ou forrageiam no solo e na serapilheira de florestas tropicais têm um padrão de distribuição influenciado pela variabilidade espaço-temporal da composição físico-química da serapilheira, pela cobertura de serapilheira no solo e pela estrutura e

composição da vegetação (Levings 1983; Ketelhut 1999; Vasconcelos 1999; McGlynn & Kirksey 2000; Kalif 2001; Vasconcelos *et al.* 2003).

A heterogênea distribuição das comunidades de formigas na região amazônica está relacionada a fatores bióticos e abióticos relacionados entre si. Vasconcelos *et al.* (2003) encontraram forte influência da topografia sobre a abundância e a densidade de ninhos de formigas; além de diferenças na composição de espécies entre os sítios de platô e vale de uma floresta na Amazônia central, sendo que o elemento topográfico estava correlacionado à vegetação e ao tipo de solo. As florestas de várzea (sazonalmente inundadas) na Amazônia são mais pobres em espécies de formigas comparadas às florestas de terra-firme (Majer & Delabie 1994; Vasconcelos 2007); além disso, o solo e a serapilheira são mais ricos em espécies que a vegetação, porém, quando analisada apenas a mirmecofauna da várzea, a riqueza de espécies é maior na vegetação que no solo ou na serapilheira (Majer & Delabie 1994). Estas tendências, por sua vez, são influenciadas pela capacidade adaptativa e hábito alimentar das espécies encontradas. Nas áreas mais elevadas (de terra-firme) há dominância de espécies predadoras devido, entre outros fatores, a alta disponibilidade de presas, e baixa frequência de espécies onívoras ou saprófagas; enquanto que nas áreas de várzea a frequência relativa de espécies com hábitos onívoros ou saprófagos é similar à das predadoras (Majer & Delabie 1994). Ketelhut (2004) encontrou maior diversidade e riqueza de espécies de formigas no solo do que na vegetação, em cultivos e floresta de várzea de uma ilha na Amazônia Central. Esta autora sugere que o padrão de diversidade encontrado está relacionado ao clima e ao intervalo de inundação,

com intensa atividade das formigas em períodos climáticos intermediários aos picos de vazante (com muita chuva) e de cheia (com pouca chuva).

Por outro lado, podem existir diferenças na distribuição de espécies de formigas em um mesmo tipo florestal. Benson & Brandão (1987) observaram diferenças na riqueza de espécies e baixa similaridade na composição de espécies do gênero *Pheidole* entre áreas de terra-firme na região de Carajás, sudeste da Amazônia. Além disso, espécies simpátricas deste gênero, na Amazônia, apresentam diferenças na atividade de forrageamento e dieta em um mesmo tipo vegetacional (Moutinho 1991).

Inventários da mirmecofauna de solo e serapilheira em florestas tropicais registram a subfamília Ponerinae como uma das mais conspícuas e a segunda com maior riqueza e abundância de espécies, depois da subfamília Myrmicinae, sendo um componente ecologicamente importante desses ecossistemas (Overal *et al.* 1997; Brühl *et al.* 1999; Silva & Silvestre 2004; Santos *et al.* 2006, Schütte *et al.* 2007; Quiroz-Robledo & Valenzuela-González 2007; Schmidt 2008). A subfamília Ponerinae tem ampla distribuição, especialmente pantropical (Hölldobler & Wilson 1990; Quiroz-Robledo & Valenzuela-González 2007). Na região Neotropical é composta por três tribos (Ponerini, Platythyreini e Thaumatomyrmecini), 12 gêneros e 281 espécies (Fernández 2007). Está posicionada, filogeneticamente, entre as subfamílias mais basais de Formicidae, devido características morfológicas e comportamentais primitivas, como o monomorfismo entre operárias e rainhas, e a necessidade da rainha caçar presas durante a formação da colônia, por conta

da ausência de reservas alimentares, expondo-se a perigos (Bolton 2003; Lattke 2003; Brady *et al.* 2006).

As ponerines são notáveis predadoras e, geralmente, suas operárias forrageiam individualmente, no entanto algumas espécies podem ser encontradas aproveitando-se de nectários e exudatos de homópteros, fontes ricas em carboidratos. Alguns grupos apresentam especializações para atacar presas específicas, a exemplo dos gêneros *Leptogenys* e *Thaumatomyrmex* (Fowler *et al.* 1991; Brandão *et al.* 1991), não obstante, a maioria das outras ponerines é predadora generalista (Delabie *et al.* 2000). As espécies dessa subfamília são mais frequentes em áreas de florestas úmidas, mas também podem ser encontradas em florestas mais secas com chuvas estacionais. Geralmente, nidificam em troncos em decomposição e na serapilheira (da superfície do solo e acumulada entre galhos); e ainda podem ser observadas em raízes de epífitas no interior do solo (Lattke, 2003; Quiroz-Robledo & Valenzuela-González 2007).

A densidade de formigas da subfamília Ponerinae varia positivamente sob efeitos do percentual de argila e da quantidade de serapilheira do solo em florestas úmidas da Amazônia (Fagundes 2003). Todavia, avaliações ecológicas com um detalhamento das relações entre as variáveis ambientais e a composição, riqueza e abundância das formigas ponerines são escassas na Amazônia, bem como trabalhos contundentes que sugerem possíveis associações entre espécies desse grupo. Tendo em vista a variedade de habitats e hábitos nos quais essas formigas são encontradas, somada a escassez de esforços de coleta extensivos e padronizados nas

florestas primárias da Amazônia, muitas espécies de ponerines, desconhecidas para a ciência, poderão ser descobertas e outras terem suas distribuições geográficas ampliadas com inventários estruturados a partir de protocolos que visem o monitoramento ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Investigar a variação espacial na composição e diversidade da comunidade de formigas ponerines associadas à serapilheira em seis áreas de floresta primária na Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn), Caxiuanã, Melgaço, Pará.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Quantificar a riqueza, abundância e diversidade de espécies de formigas da subfamília Ponerinae encontradas na serapilheira, verificando sua distribuição espacial na ECFPn.

Analisar o efeito da quantidade de serapilheira sobre a abundância e a riqueza de espécies da comunidade de formigas ponerines encontradas na camada de serapilheira.

Avaliar o efeito da quantidade de serapilheira sobre a composição de espécies de formigas ponerines de serapilheira.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn) está localizada ao norte da Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã, município de Melgaço, Pará (01°38'14"S e 01°47'41"S; 51°20'00"W e 51°36'33"W) (Figura 1), a 400 km de distância da cidade de Belém, ocupando uma área de 33.000 ha (Lisboa 2002).

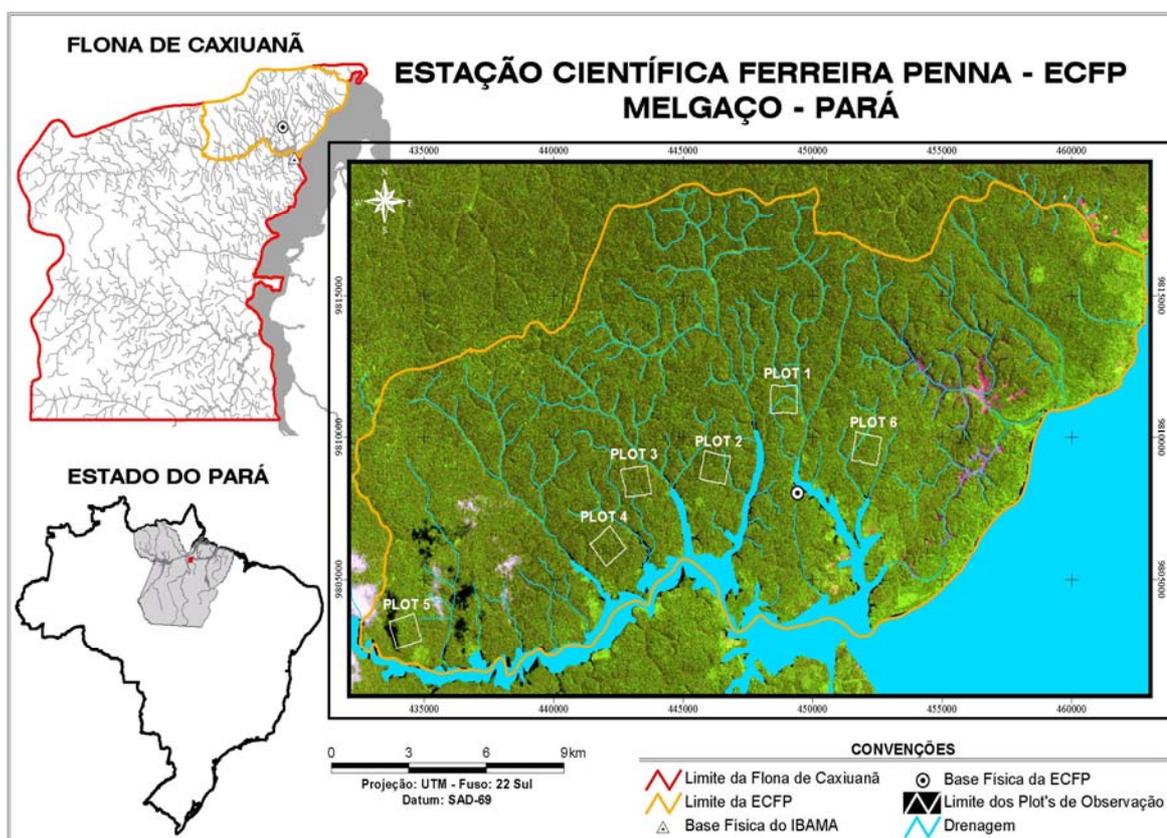


Figura 1 – Localização das áreas de estudo (PLOT) na ECFPn e na FLONA de Caxiuanã, Pará, Brasil.

A ECFPn, criada em 1993, tem o objetivo principal de fornecer infra-estrutura às atividades de pesquisa e, desse modo, consolidou-se como uma referência para estudos de biodiversidade e conservação na Amazônia Oriental, e encontra-se sob a gerência do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ela abrange grande mosaico de organismos da região Neotropical, com aproximadamente 80% de ambientes vegetais de terra-firme e 20% de florestas de várzea e igapó (Lisboa 2002).

A variação temporal da precipitação na região apresenta uma tendência anual com um “período chuvoso”, de maior pluviosidade, que se estende de dezembro a maio (média mensal maior que 200 mm); e um menos chuvoso, ou “período seco”, compreendido entre junho e novembro (média mensal menor que 180 mm) (Costa & Moraes 2002). Além disso, a precipitação é a variável climatológica de maior amplitude anual e a temperatura é o elemento de menor variação estacional e anual (Costa & Moraes 2002).

O inventário ocorreu em seis áreas de 1 km² (100 ha) de floresta primária delimitadas pelo projeto TEAM (*Tropical Ecology, Assessment and Monitoring*)/Caxiuanã. As áreas são propositalmente independentes, estando separadas por afluentes do rio Caxiuanã e compostas de áreas de várzea e igapó, com predominância de floresta de terra-firme.

3.2. METODOLOGIA

3.2.1. Coleta de dados

Para o estudo da fauna de formigas ponerines foram utilizadas coletas realizadas pelo Protocolo de Monitoramento de Formigas do Projeto TEAM (Batra 2006). O Protocolo visa, através de coletas padronizadas de formigas de serapilheira, monitorar, em longo prazo, alterações ambientais relevantes para o entendimento apurado do ecossistema, a exemplo de propriedades do solo, sazonalidade e fatores climáticos, e produtividade primária.

As amostragens (coletas) ocorreram, durante o ano de 2003, nos meses de abril (estação chuvosa) e outubro (estação seca); e no mês de janeiro de 2004 (estação chuvosa). Cada coleta consistiu em dividir cada uma das seis áreas em quatro quadrantes iguais de 25 ha. Em cada quadrante foi instalada uma linha de transecção (transecto), com 100 m de comprimento, da qual foram extraídas dez sub-amostras de serapilheira, distanciadas 10 m entre si (Figura 2). Os transectos foram sorteados a cada coleta, não havendo repetições de pontos de amostra. Portanto, em cada período de amostragem coletaram-se 240 sub-amostras em 24 transectos entre as seis áreas, totalizando 72 transectos e 720 sub-amostras nas três coletas. Os transectos foram considerados como unidades amostrais (N=72) na intenção de não haver dúvida em relação à independência entre as amostras de uma área.

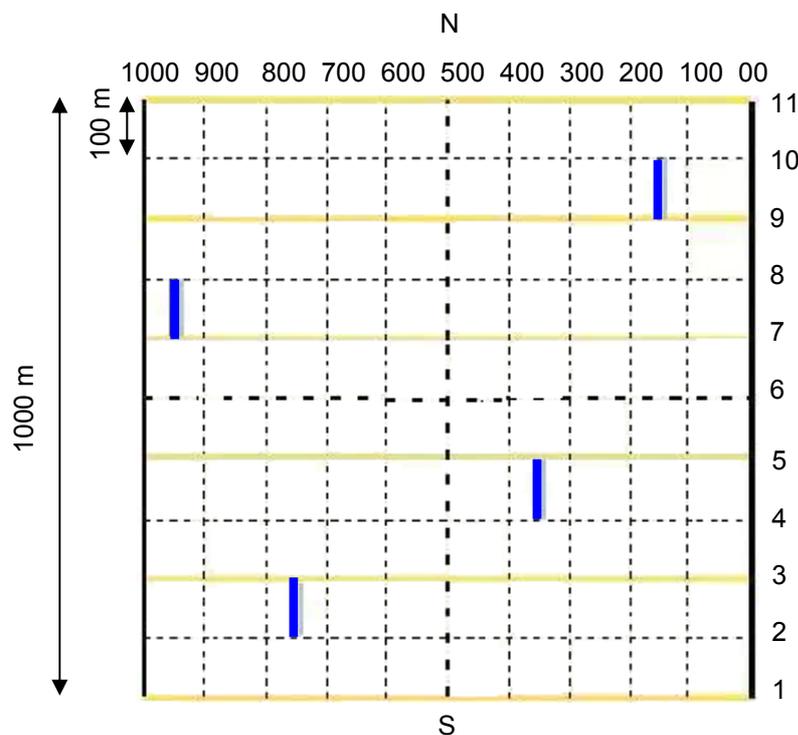


Figura 2 – Diagrama das áreas com implantação dos transectos (linhas azuis).

A metodologia estabelecida para a coleta do material foi a técnica do metro quadrado de serapilheira peneirada para a obtenção dos invertebrados no extrator de “mini-Winkler” (Bestelmeyer *et al.* 2000). O método consistiu em peneirar 1 m² (uma sub-amostra) de serapilheira – demarcado por um quadrado de metal – agitando durante 60 s, com uma pausa após os primeiros 30 s para “revirar” o material na peneira (Figura 3).

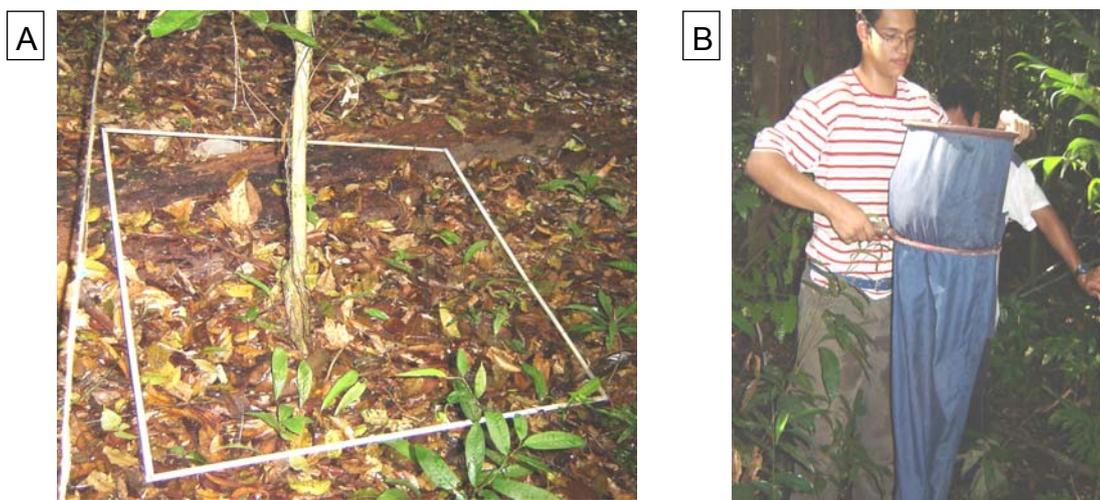


Figura 3 – Técnica de coleta da serapilheira no campo. A: demarcação da área de extração da serapilheira; B: peneirando a serapilheira extraída.

O foliço peneirado de cada sub-amostra foi transportado, em sacos de pano, à base física da ECFPn, onde foi transferido para sacos telados internos ao extrator (malha com 0,4 cm de diâmetro), nos quais foi distribuído homoganeamente e permaneceu durante 48 h. Na 24^a hora, o material foi retirado e recolocado nos extratores para aumentar a atividade dos animais, a fim de que os mesmos viessem cair no frasco, contendo álcool a 75%, anexado à base do extrator de mini-Winkler (Figura 4).

Todo o material foi devidamente etiquetado, armazenado e transportado ao Laboratório de Sistemática e Ecologia de Formigas do Museu Paraense Emílio Goeldi. No laboratório, o material foi triado, montado, identificado ao nível de gênero seguindo a classificação atualmente aceita, com o auxílio de chaves dicotômicas apropriadas e especializadas para formigas neotropicais (Hölldobler & Wilson 1990; Bolton, 2003; Palacio & Fernández 2003), morfotipado e identificado à espécie quando possível. As considerações à cerca das ponerines seguiram a classificação de subfamílias proposta por Bolton (2003), portanto as poneromorfos amostradas, pertencentes aos gêneros *Amblyopone*, *Discothyrea*, *Ectatomma*, *Gnamptogenys*, *Paraponera* e *Typhlomyrmex*, não foram consideradas ponerines, mesmo nas referências bibliográficas anteriores a publicação de Bolton (2003).

A quantidade de serapilheira por transecto foi um somatório do volume de serapilheira peneirada por sub-amostra (com ponerines), medido com um Becker antes da transferência destas ao saco telado do extrator de mini-Winkler. Essas medidas iniciaram-se em outubro de 2003, logo os dados da coleta de abril de 2003 foram excluídos das análises com esta variável.



Figura 4 – Detalhes do método para a obtenção das formigas. A: saco telado contendo a serapilheira peneirada; B: extrator de mini-Winkler com o frasco coletor (anexado à base) e o saco telado (interno) instalados; C: retirada do material coletado após o período estabelecido.

3.2.2. Análise dos dados

Os dados de abundância foram referentes ao número de registros das espécies nas amostras (transectos), uma vez que insetos sociais apresentam distribuições agregadas e recrutamento de castas, sendo sugerido evitar o número de indivíduos nesse caso (Romero & Jaffe 1989). Com isso, não tivemos abundância de formigas ponerines por amostra, mas sim por área.

Para avaliar se as variações de riqueza e abundância das formigas entre as áreas são significativas, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) unifatorial comparando-se as médias destas variáveis considerando a área como fator. Para isto, foram compilados os dados gerais obtidos das seis áreas entre as três coletas (n=18). Essa análise também foi realizada para verificar a significância das diferenças no volume de serapilheira peneirado entre as áreas, sendo contabilizado o volume total encontrado em cada amostra (transecto) (n=48 – neste caso apenas as de outubro e janeiro foram consideradas, portanto 8 amostras por área). O teste de Tukey foi realizado *posteriori* a ANOVA para comparar os fatores aos pares. Antes de executar a ANOVA foi testada a aderência dos dados à normalidade através dos testes de Lilliefors e Shapiro-Wilk, os quais mostraram não haver significância na diferença entre a distribuição obtida dos dados e a normal esperada.

Uma curva de acumulação para estimar a riqueza de espécies em função do esforço amostral foi gerada (a partir de 100 randomizações) na intenção de caracterizar complementaridade entre as áreas de estudo durante o período das coletas, sob hipótese de que o esforço de apenas uma área e

método de coleta não seja suficiente para alcançar a assíntota, sendo necessárias coletas em várias áreas e com metodologias complementares. No entanto, também hipoteticamente, o esforço em cada expedição poderá diminuir coletando-se um número menor de amostras por área com o método aqui empregado. Baseada nos dados gerados pelas estimativas efetuou-se uma ANOVA, após verificar a normalidade dos dados com os mesmos testes das Análises anteriores, para a comparação do número de espécies únicas (registradas em apenas uma amostra) entre as áreas. Esta análise serviu para mostrar quais áreas poderiam ser mais ou menos exploradas, tratando-se de esforço amostral. Para estimativa da riqueza de espécies foi computado o indicador Jackknife 1.

Os índices de diversidade utilizados foram Shannon-Wiener (H), que pondera maior peso às espécies raras, e Simpson (1-D), o qual dá maior peso às espécies comuns (de maior abundância) (Krebs 1972). Eles foram medidos através da matriz dos dados de abundância das espécies em cada área. Os índices de diversidade são úteis para avaliar a distribuição equitativa da abundância entre as espécies componentes de cada área (Magurran 2004). As diferenças foram avaliadas através do teste t de comparação da diversidade entre pares de áreas.

Para uma avaliação da similaridade da fauna de formigas ponerines entre as áreas foram utilizados os índices de Jaccard e Morisita, com os dados da mesma matriz para os índices de diversidade (no caso do índice de Jaccard, os valores foram substituídos por medidas binárias: 0= ausência; 1= presença). O índice de Jaccard é bastante útil em dados de presença-

ausência de espécies, então a composição dos objetos é avaliada com pesos iguais. O índice de Morisita, por sua vez, avalia a similaridade de acordo com os registros das espécies entre os objetos em estudo, ou seja, as espécies mais abundantes têm mais relevância que as raras, neste caso (Hammer *et al.* 2008a).

Para analisar a variação da composição de espécies entre áreas e entre períodos de coleta, uma matriz de incidência (presença ou ausência) das espécies nas amostras (72 transectos) foi submetida a uma análise de ordenação através do escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS). A medida de similaridade escolhida foi Jaccard. O NMDS é um método de ordenação bastante robusto nas situações em que os dados não são lineares, e frequentemente resume mais informação em menos eixos do que outras técnicas indiretas de ordenação. O valor da distorção do ajuste entre a distância original dos objetos e a configuração obtida é o *stress* (S), de modo que quanto mais próximo de zero, melhor a resolução entre as dimensões da ordenação (Hammer *et al.* 2008a). A matriz também foi submetida a uma análise direta de similaridade para avaliar a composição de espécies por amostra dentro de cada área (índice de Jaccard). Com este procedimento verificaram-se a independência e a similaridade das amostras nas áreas.

Para avaliar o efeito da quantidade de serapilheira sobre a composição de espécies amostrada, primeiro realizou-se um NMDS entre amostras nas quais o volume de serapilheira foi medido (isto é, outubro de 2003 e janeiro de 2004; n=48 transectos); então os autovalores gerados pelo primeiro eixo da ordenação foram submetidos à Análise de Regressão com o

volume de serapilheira (transformado, neste caso, para logaritmo de base 10 devido à grande discrepância entre a amplitude dos autovalores da ordenação e dos valores brutos de volume).

Para analisar o efeito da quantidade de serapilheira sobre os parâmetros quantitativos (abundância e riqueza de espécies) da comunidade de formigas ponerines foram efetuadas análises de Regressão Linear, sendo o volume total de serapilheira peneirada por área (n=12 no caso da abundância) ou por amostra (n=48 no caso da riqueza) a variável independente. Estimaram-se, com base nos resultados desta análise, a riqueza de espécies de ponerines no volume médio de serapilheira peneirada por amostra (=3,7 L), e a abundância das espécies no volume médio de serapilheira peneirada por área (=14,7 L).

Para as análises propostas, foram utilizados os pacotes estatísticos PAST 1.78 (Hammer *et al.* 2008b) e BioEstat 5.0 (Ayres *et al.* 2007), e o programa EstimateS 8.0.0 (Colwell 2006).

4. RESULTADOS

4.1. DIVERSIDADE, ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE ESPÉCIES

Identificaram-se 4.031 espécimes pertencentes a três tribos, oito gêneros e 60 morfo-espécies (a partir de agora chamadas de espécies) de ponerines em 470 registros nas 72 amostras (Tabela 1). Apenas 25 espécies foram denominadas, sendo as demais (35) morfotipadas.

Dos gêneros encontrados, *Hypoponera* foi o que apresentou maior abundância e número de espécies (268 registros; 22 espécies); seguido por *Pachycondyla* (88; 19), *Odontomachus* (55; 9), *Anochetus* (47; 4), *Leptogenys* (4; 3) e *Thaumatomyrmex* (6; 1). Os gêneros *Platythyrea* e *Simopelta* foram representados por uma espécie em apenas um registro cada. *Hypoponera* e *Pachycondyla* juntos contiveram aproximadamente 70% das espécies (41).

Das 60 espécies encontradas, seis acumularam mais de 50% da abundância total (*Hypoponera* sp#1, *Hypoponera* sp#2, *Hypoponera* sp#6, *Hypoponera* sp#7, *Odontomachus scalptus* e *Pachycondyla constricta*) e 22 espécies (36,67%) ocorreram em um único registro das 72 amostras (Figura 5). O número médio de espécies por amostra foi 6,52, com uma amplitude considerável entre 1 e 15 espécies por amostra (Figura 6). Trinta espécies ocorreram em apenas um período de coleta (6 exclusivas de abril de 2003; 6 de outubro de 2003; e 18 de janeiro de 2004) e 18 foram encontradas nos três períodos. Vinte e três espécies ocorreram exclusivamente em uma área (3

exclusivas da Área I; 3 da II; 2 da III; 5 da IV; e 10 da Área V) e oito espécies foram comuns às seis áreas.

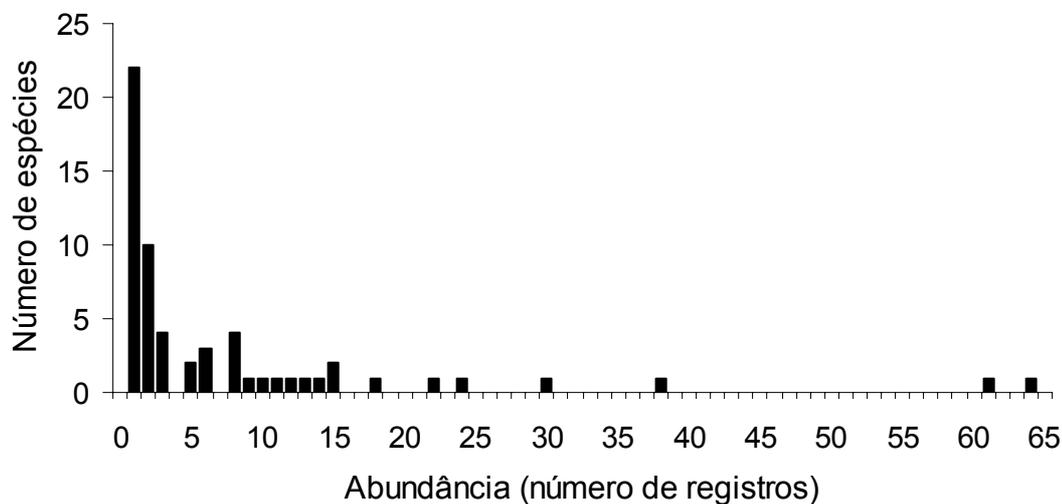


Figura 5 – Distribuição do número de espécies de ponerines por valores de abundância em 72 unidades amostrais de serapilheira na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil.

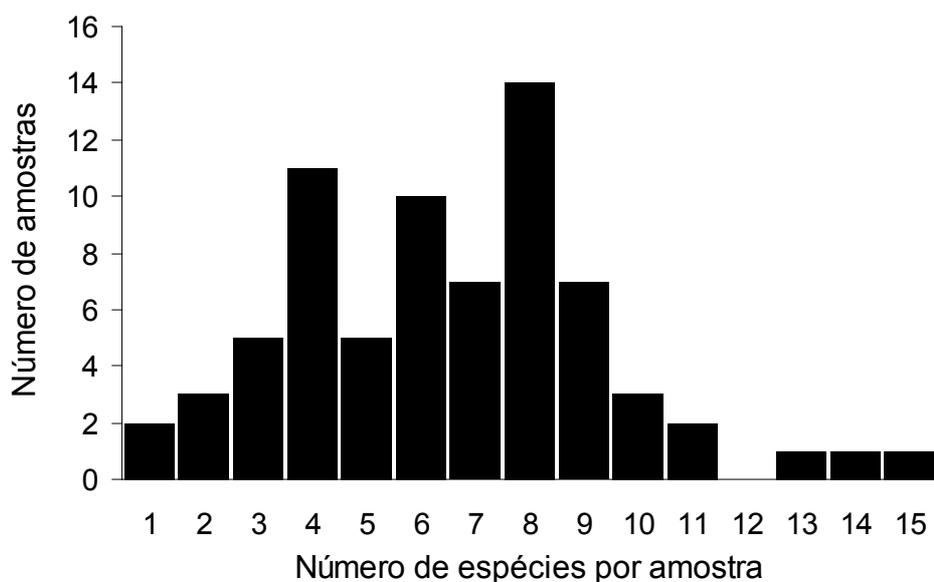


Figura 6 – Distribuição do número de espécies de ponerines por amostra em 72 amostras de serapilheira na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil.

Tabela 1 – Abundância (número de registros) das espécies de formigas ponerines coletadas em 72 amostras (720 sub-amostras de 1 m²) de serapilheira de seis áreas de floresta primária na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil.

Tribos / espécies	Área I	Área II	Área III	Área IV	Área V	Área VI	Total
PONERINI							
<i>Anochetus diegensis</i>	1	3			1	1	6
<i>Anochetus horridus</i>	5	1	1		4	4	15
<i>Anochetus mayri</i>	1		4	5	6	2	18
<i>Anochetus targionii</i>	2		1	3		2	8
<i>Hypoponera</i> sp#1	11	9	12	12	11	9	64
<i>Hypoponera</i> sp#2	6	3	3	3	7		22
<i>Hypoponera</i> sp#3	3	2	2		3	2	12
<i>Hypoponera</i> sp#4	1	1					2
<i>Hypoponera</i> sp#5	4	2	1	1	1	2	11
<i>Hypoponera</i> sp#6	5	4	3	9	5	4	30
<i>Hypoponera</i> sp#7	8	12	12	11	11	7	61
<i>Hypoponera</i> sp#8	1	2	3	4	4	1	15
<i>Hypoponera</i> sp#9		3	2	3	5	1	14
<i>Hypoponera</i> sp#10	2	1	2	2	5	1	13
<i>Hypoponera</i> sp#11		2			4		6
<i>Hypoponera</i> sp#12					1		1
<i>Hypoponera</i> sp#13					2		2
<i>Hypoponera</i> sp#14			1		4		5
<i>Hypoponera</i> sp#15	1						1
<i>Hypoponera</i> sp#16	1				1		2
<i>Hypoponera</i> sp#17			1	1			2
<i>Hypoponera</i> sp#18			1				1
<i>Hypoponera</i> sp#19				1			1
<i>Hypoponera</i> sp#20				1			1
<i>Hypoponera</i> sp#21	1						1
<i>Hypoponera</i> sp#22					1		1
<i>Leptogenys pusilla</i>				1	1		2
<i>Leptogenys</i> sp#1					1		1
<i>Leptogenys</i> sp#2		1					1
<i>Odontomachus bauri</i>				2			2
<i>Odontomachus brunneus</i>	2	1	4	1		1	9
<i>Odontomachus caelatus</i>	1						1
<i>Odontomachus haematodus</i>		1	1		1	2	5
<i>Odontomachus laticeps</i>	1		5	2			8
<i>Odontomachus meinerti</i>					1		1
<i>Odontomachus scalptus</i>	6	1	2	5	6	4	24
<i>Odontomachus</i> sp#10	1		1		1		3
<i>Odontomachus</i> sp#9				1		1	2

Tabela 1 – (continuação)

Tribos / espécies	Área I	Área II	Área III	Área IV	Área V	Área VI	Total
<i>Pachycondyla arhuaca</i>	1		3		3	1	8
<i>Pachycondyla cf. rupinicola</i>					1		1
<i>Pachycondyla cf. succedanea</i>					1		1
<i>Pachycondyla constricta</i>	7	4	6	7	10	4	38
<i>Pachycondyla crenata</i>				1			1
<i>Pachycondyla ferruginea</i>			1				1
<i>Pachycondyla harpax</i>	1	1	2	2	4		10
<i>Pachycondyla harpax/lenis</i>		1				1	2
<i>Pachycondyla impressa</i>		1					1
<i>Pachycondyla lenis</i>				1	1		2
<i>Pachycondyla lenkoi</i>	1				1		2
<i>Pachycondyla mesonotalis</i>					1		1
<i>Pachycondyla obscuricornis</i>		1					1
<i>Pachycondyla sp#1</i>						1	1
<i>Pachycondyla sp#2</i>				1			1
<i>Pachycondyla sp#3</i>	2			1			3
<i>Pachycondyla stigma</i>	1				2		3
<i>Pachycondyla unidentata</i>		1		1	5	1	8
<i>Pachycondyla venusta</i>			1	1	1		3
<i>Simopelta sp#1</i>					1		1
PLATYTHYREINI							
<i>Platythyrea sinuata</i>					1		1
THAUMATOMYRMECINI							
<i>Thaumatomyrmex grupo ferox</i>		1	1	2	2		6
Número de registros por área	77	59	76	85	121	52	470
Número de espécies	27	24	26	28	38	21	60

Foram detectadas diferenças significativas entre as áreas considerando-se a abundância (ANOVA: $F_{5,12}=6,79$; $p<0,01$; Figura 7) e a riqueza de espécies (ANOVA: $F_{5,12}=3,79$; $p<0,05$; Figura 8). Na Área V observou-se maior abundância (121 registros; 25,74%) e maior riqueza de espécies (38 espécies; 63,33%), enquanto que a Área VI apresentou menor abundância (52; 11,06%) e menor riqueza de espécies (21; 35,00%). O volume de serapilheira peneirada também apresentou diferenças significativas entre as áreas (ANOVA: $F_{5,42}=8,23$; $p<0,01$; Figura 9), sendo que na Área V foi encontrada maior quantidade de serapilheira (Tukey: $p<0,05$ entre V e III; $p<0,01$ entre V e as demais; $p\geq 0,18$ entre as outras combinações de pares).

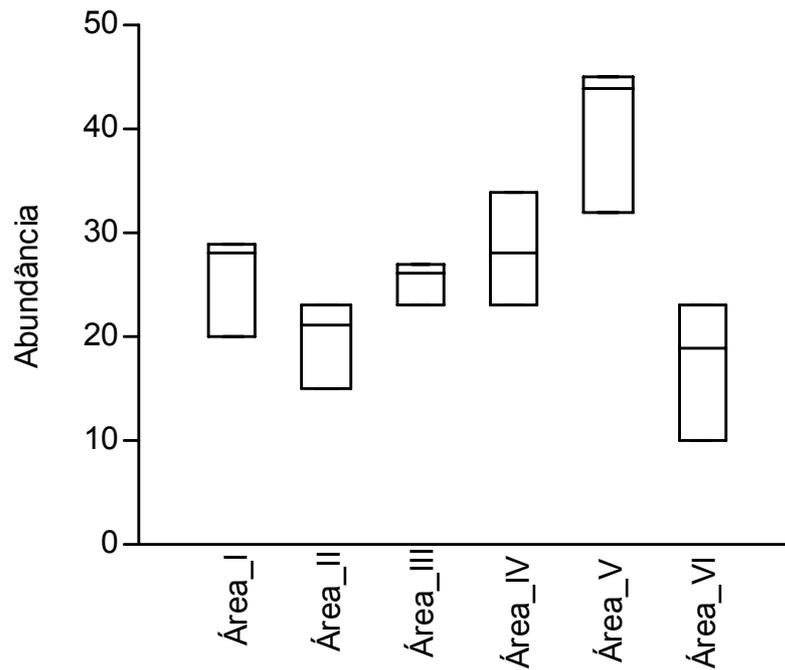


Figura 7 – Distribuição da abundância de espécies de ponerines coletadas nas seis áreas de floresta primária na ECFPn. Símbolo: traço interno ao box=mediana.

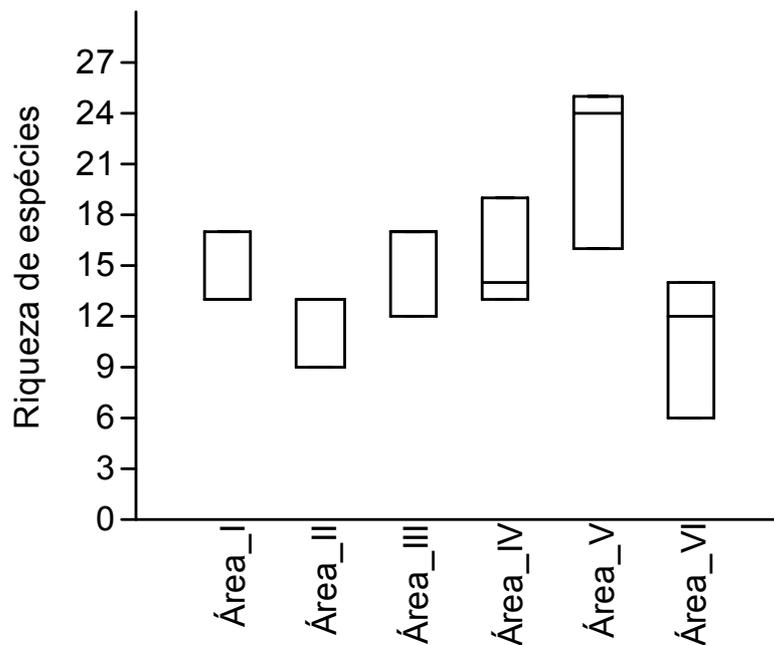


Figura 8 – Distribuição da riqueza de espécies de ponerines coletadas nas áreas de estudo. Símbolo: traço interno ao box=mediana.

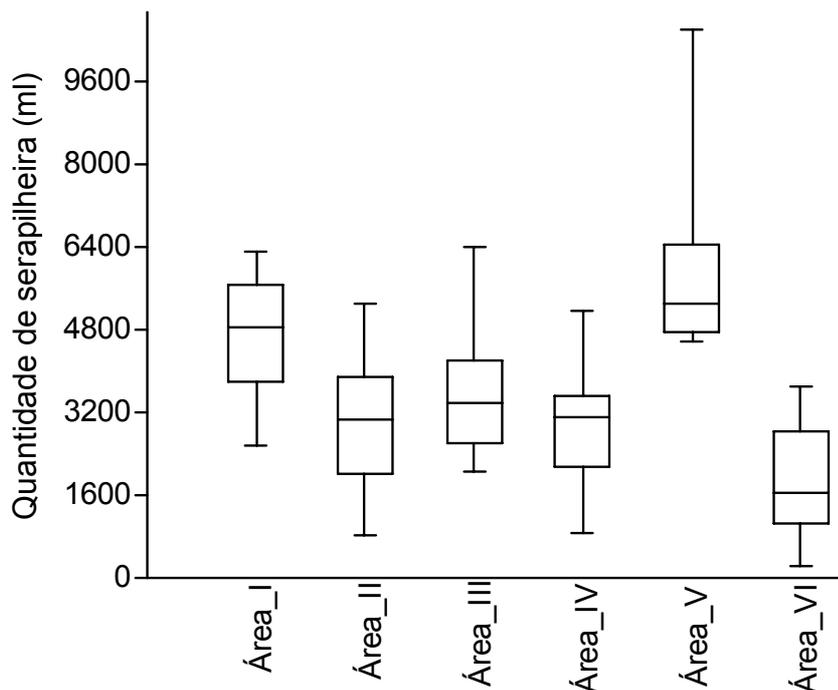


Figura 9 – Quantidade de serapilheira amostrada em seis áreas de floresta primária na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil. Símbolos: traços externos paralelos ao box=valores máximo e mínimo; traço interno ao box=mediana.

As curvas de acumulação de espécies para cada área, ilustradas na Figura 10, mostraram a variação na riqueza de espécies, e a necessidade de coletar em diferentes épocas para melhor estimar a riqueza de espécies, uma vez que em cada área foram amostrados quatro transectos por período. Foi encontrado um número significativamente maior de espécies únicas na Área V do que nas demais áreas (ANOVA: $F_{5;66}=9,85$; $p<0,01$; Tabela 2).

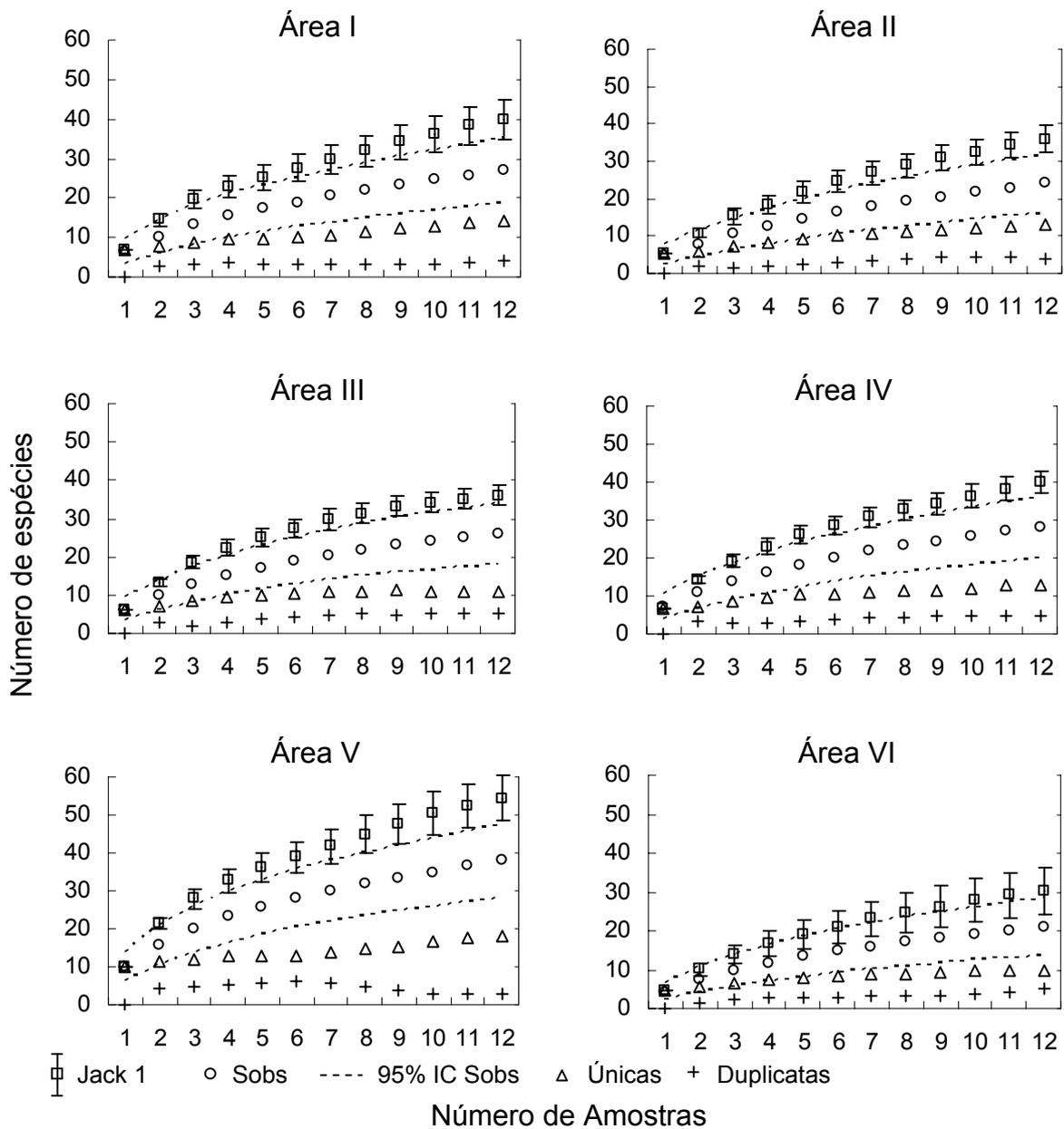


Figura 10 – Curvas de acumulação da riqueza de espécies de formigas ponerines (estimadas, observadas, únicas e duplicatas) em seis áreas de floresta primária na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil. Jack 1= estimador Jackknife 1 indicando o desvio padrão; Sobs= riqueza observada - Mao Tau; IC= intervalo de confiança; únicas= espécies com um registro; e duplicatas= espécies com dois registros.

Tabela 2 – Comparação par a par (teste de Tukey) para o número de espécies únicas em seis áreas de floresta primária durante os três períodos de coleta. (* = diferenças significativas).

Q / p	Área I	Área II	Área III	Área IV	Área V	Área VI
Área I		0,94	0,94	1,00	0,00*	0,06
Área II	1,31		1,00	0,99	0,00*	0,38
Área III	1,27	0,04		0,99	0,00*	0,37
Área IV	0,38	0,94	0,90		0,00*	0,11
Área V	5,45	6,76	6,72	5,83		0,00*
Área VI	4,07	2,75	2,79	3,69	9,51	

A riqueza de espécies observada para cada área (Sobs Mao Tau) a partir da oitava amostra pode ser estimada com 95% de confiança. Assim, mais de 80% do número total de espécies foi registrado até a oitava amostra em todas as áreas, e o número acumulativo de espécies é muito baixo dessa amostra adiante (~4%), considerando-se que o universo amostral é de 12 amostras. Enquanto que a riqueza total de espécies observada (Sobs = 60) pode ser encontrada, com 95% de confiança, a partir de 51 amostras (Figura 11). O número de espécies, segundo o estimador Jackknife 1, pode chegar a 81.

Os índices de diversidade Shannon-Wiener (H) mostraram que a Área V foi a mais diversa (3,30) e a Área VI a menos diversa (2,75). Os elevados valores para o índice de Simpson (1-D) denotaram um alto grau de equitabilidade nas distribuições das abundâncias entre os táxons dentro de cada área (Tabela 3). Entretanto, houve diferenças significativas na diversidade (H) de ponerines, sendo a Área V mais diversa comparada às outras áreas ($2,79 < t < 4,03$; $p < 0,01$).

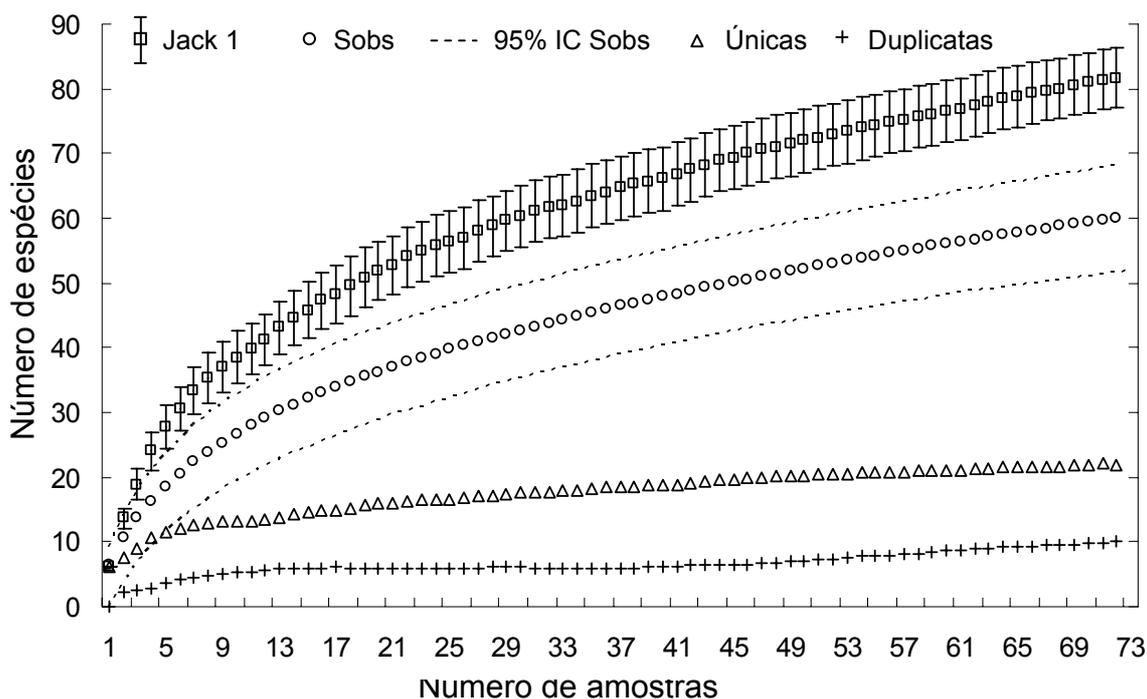


Figura 11 – Curva geral de acumulação da riqueza de espécies de formigas ponerines (estimadas, observadas, únicas e duplicatas) em 72 amostras de serapilheira na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil. Jack 1= estimador Jackknife 1 indicando o desvio padrão; Sobs= riqueza observada - Mao Tau; IC= intervalo de confiança; únicas= espécies com um registro; e duplicatas= espécies com dois registros.

Tabela 3 – Índices de diversidade Shannon-Wiener e Simpson de espécies de formigas ponerines em seis áreas de floresta primária na ECFPn, Melgaço, Pará, Brasil.

Índice	Área I	Área II	Área III	Área IV	Área V	Área VI
Shannon-Wiener (H)	2,93	2,79	2,89	2,94	3,30	2,75
Simpson (1-D)	0,93	0,91	0,92	0,93	0,95	0,92

A abundância e riqueza de espécies foram associadas à quantidade de serapilheira. As análises de regressão linear indicaram as tendências de aumento da abundância ($p < 0,01$; $r^2 = 0,79$; $y = 9,32 + 0,001x$) e riqueza de espécies ($p < 0,01$; $r^2 = 0,69$; $y = 2,32 + 0,001x$) proporcionalmente ao aumento na quantidade de serapilheira (Figuras 12 e 13, respectivamente).

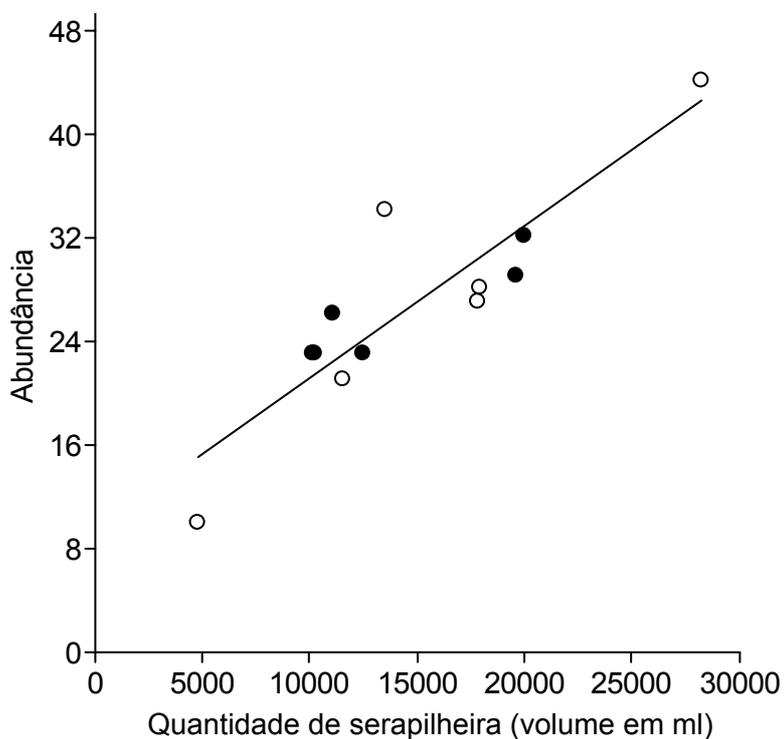


Figura 12 – Relação entre a abundância de espécies de formigas ponerines e a quantidade de serapilheira (volume de serapilheira peneirada). Símbolos: círculos preenchidos= amostras da coleta de outubro de 2003; círculos abertos= janeiro de 2004.

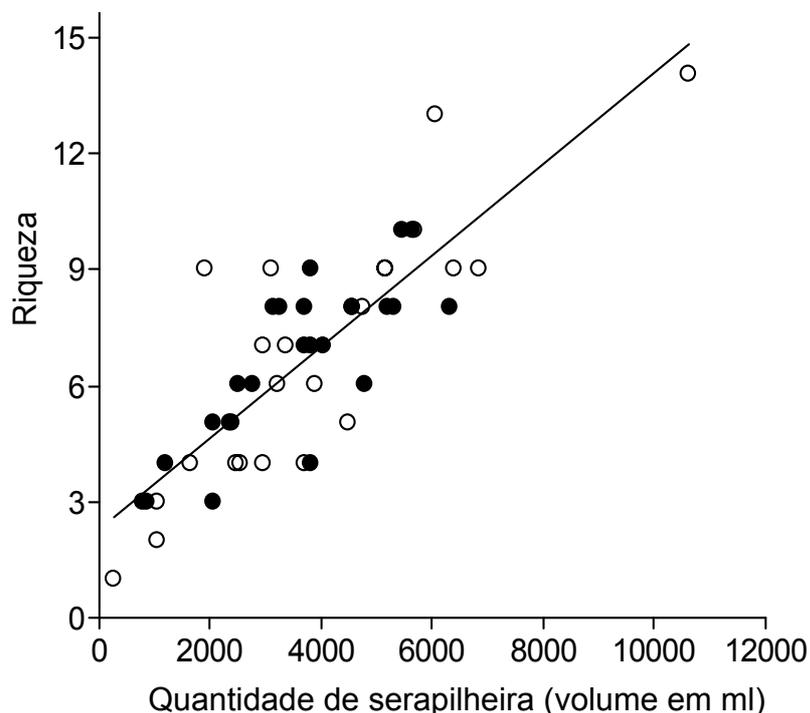


Figura 13 – Relação entre a riqueza de espécies de ponerines e a quantidade de serapilheira (volume de serapilheira peneirada). Símbolos: círculos preenchidos= amostras da coleta de outubro de 2003; círculos abertos= janeiro de 2004.

As análises de regressão estimaram que em 3,7 L de serapilheira peneirada e submetida ao extrator de mini-Winkler se pode encontrar, em média, 7 espécies de ponerines; e em 14,7 L de serapilheira, 24 registros de espécies de formigas ponerines nas florestas primárias da ECFPn.

4.2. COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES

O escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), a partir dos dados de incidência das espécies nas amostras (matriz geral de presença-ausência), indicou maior similaridade entre a composição de espécies das coletas do ano de 2003 (abril e outubro), comparadas à coleta de 2004 (janeiro) (Figura 14) no Eixo 1 da ordenação, apesar da sobreposição entre alguns pontos. A configuração encontrada foi relacionada à presença de algumas espécies com maior representatividade nas coletas de abril e outubro e menor na coleta de janeiro. As espécies *Hypoponera* sp#5, *Hypoponera* sp#6, *Hypoponera* sp#10, *Hypoponera* sp#14, *Odontomachus scalptus*, *Pachycondyla constricta*, *P. harpax* e *P. lenis* tiveram proporções relativamente altas nas amostras das coletas de 2003; enquanto que *Anochetus diegensis*, *A. horridus* e *Hypoponera* sp#8 foram as que apresentaram maiores autovalores no Eixo 1 do NMDS, ou seja, que melhor representaram a amostragem de janeiro de 2004. Observando os escores das amostragens de outubro e janeiro, notam-se poucos pontos de sobreposição e baixa similaridade. Na comparação da composição de espécies entre as áreas, o NMDS mostrou uma resolução com baixo grau de ordenação, indicando um nível de similaridade de médio a alto entre estas.

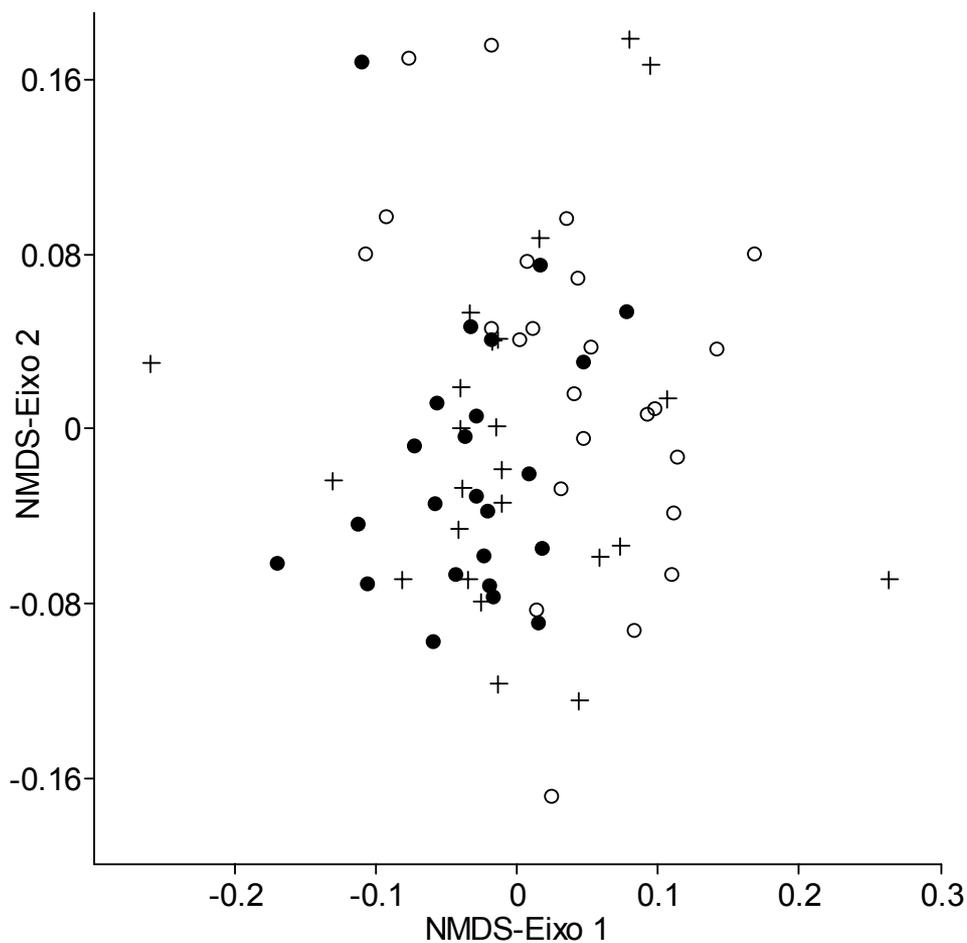


Figura 14 – Projeção dos escores da composição de espécies no escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para 72 amostras de serapilheira extraídas de seis áreas de floresta primária na ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará (medida de similaridade de Jaccard; $stress=0,34$). Símbolos: cruz= amostras da coleta de abril de 2003; círculo preenchido= outubro de 2003; e círculo aberto= janeiro de 2004.

O índice de Jaccard mostrou um nível médio de similaridade na composição de espécies entre as áreas de estudo, através da matriz de dados na qual foi considerada a incidência das espécies nas áreas (unidades amostrais neste caso), variando de 0,35 entre Área V e Área IV a 0,55 entre as Áreas II e VI (Tabela 4). A similaridade encontrada entre as amostras (transectos), em média, foi baixa ($\mu=0,27$), variando de 0,00 (mesmo entre amostras da mesma área no mesmo período de coleta) a 1,00 (encontrada entre amostras de áreas e épocas diferentes). A similaridade da composição entre amostras da mesma área, em média, foi maior na Área IV ($\mu=0,31$) e menor na Área VI ($\mu=0,19$). A similaridade entre as áreas, considerando-se a distribuição de ocorrências das espécies (Morisita), foi elevada. Entre as Áreas I e VI observou-se maior similaridade (0,90) e entre os pares de Áreas II-V e V-VI menor similaridade (0,78) (Tabela 4).

Tabela 4 – Índices de similaridade Jaccard (diagonal superior) e Morisita (diagonal inferior) entre as seis áreas de coleta na ECFPn Melgaço, Pará, Brasil.

	Área I	Área II	Área III	Área IV	Área V	Área VI
Área I		0,42	0,51	0,38	0,41	0,45
Área II	0,82		0,47	0,37	0,41	0,55
Área III	0,84	0,87		0,50	0,45	0,52
Área IV	0,85	0,85	0,89		0,35	0,40
Área V	0,83	0,78	0,81	0,83		0,37
Área VI	0,90	0,86	0,86	0,87	0,78	

A composição de espécies de ponerines foi influenciada pelo volume de serapilheira. O modelo de regressão linear entre os autovalores gerados a partir do Eixo 1 do NMDS (considerando-se as amostras das coletas de outubro e janeiro) com o volume de serapilheira peneirada (transformado em logaritmo com base 10) mostrou variação na composição de espécies conforme o aumento da quantidade de serapilheira ($p < 0,01$; $r^2 = 0,15$; $y = 0,47 - 0,14x$) (Figura 15).

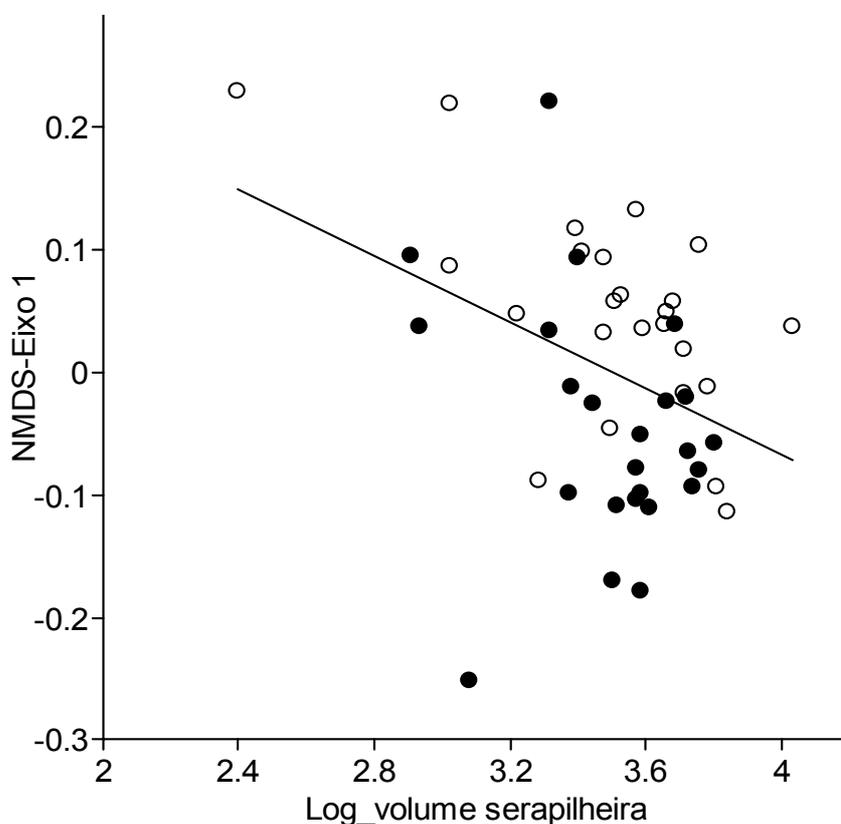


Figura 15 – Relação entre a composição de espécies de formigas ponerines (Eixo 1 gerado a partir do escalonamento multidimensional não-métrico) e o volume de serapilheira peneirada (transformado em Log_{10}). Símbolos: círculos preenchidos= amostras da coleta de outubro de 2003; círculos abertos= janeiro de 2004.

5. DISCUSSÃO

5.1. DIVERSIDADE, ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE ESPÉCIES

Como esperado, o esforço de coleta realizado resultou em elevada abundância e riqueza de espécies de ponerines na serapilheira. Considerando que foi utilizado apenas um método de coleta, este trabalho acusa o maior número de espécies da subfamília Ponerinae (*sensu stricto*), em nível local, dentro da região amazônica (60 espécies); e acredita-se que, com os avanços e contribuições taxonômicas, esse número seja melhor definido.

Os resultados deste estudo são mais expressivos em riqueza de espécies de formigas ponerines, comparado aos de: Kempf (1970) que foram coletadas 16 espécies nos arredores de Belém, PA; Andrade-Neto (1987), que coletou 8 espécies de formigas ponerines explorando iscas de açúcar, sardinha ou creme de amendoim, em floresta de terra firme na Reserva Mocambo, Belém, PA; Benson & Harada (1988), que encontraram 29 espécies de ponerines em iscas de sardinha (dia e noite) sobre a serapilheira e a vegetação, no início da estação chuvosa, em florestas primárias próximas da cidade de Manaus, AM; Majer & Delabie (1994), que detectaram 27 espécies coletando com vários métodos (*Winkler*, *pitfall*, arrasto em arbustos, batidas nos ramos mais baixos da vegetação madura, coletas manuais, iscas de atum) em áreas de várzea e terra-firme próximas ao Porto Trombetas, PA, no início do período menos chuvoso; Carvalho & Vasconcelos (2002), que registraram 10 espécies em fragmentos florestais na Amazônia Central coletando em pequenos galhos da serapilheira; Fagundes (2003), que encontrou 25 espécies

de ponerines na Reserva Ducke, Manaus, AM, extraíndo manualmente de sub-amostras de 0,25 m² de serapilheira, durante a estação chuvosa; Vasconcelos *et al.* (2003), que encontraram 20 espécies em vales e platôs de florestas primárias próximas a cidade de Manaus, AM, coletando com *pitfall*, iscas de sardinha e amostras de 1 m² de serapilheira (com extração manual dos indivíduos) durante a estação seca; LaPolla *et al.* (2007), que registraram 28 espécies de ponerines em serapilheira na Guiana; e Santos *et al.* (2008), que detectaram 4 espécies numa área de platô com histórico de queimada próximo de Oriximiná, PA, em iscas de sardinha.

Os trabalhos realizados em Caxiuanã indicam elevada riqueza de espécies de formigas ponerines, no entanto também apresentaram menor número de espécies que os resultados obtidos neste estudo. Overall *et al.* (1997) investigaram a comunidade de formigas em florestas de terra-firme e de inundações periódicas na ECFPn, coletadas através de iscas com mel, atum e bolacha, rede entomológica de varredura na vegetação, funis de Berlese (amostras de serapilheira) e coleta manual; encontrando 21 espécies de ponerines, a maioria das quais forrageando no solo ou no foliço da floresta e nidificando no solo. Estes resultados, porém, foram preliminares, segundo os autores, e obtidos ao final de quatro expedições sem padronização de amostragem, entre os anos 1995 e 1996. Souza *et al.* (2007) analisaram, entre outros aspectos, a diversidade de espécies do gênero *Pachycondyla* obtida a partir de coletas com armadilhas *pitfall* e extratores de mini-Winkler, do mesmo Protocolo do Projeto TEAM/Caxiuanã, durante a estação seca, encontrando 15

espécies para os dois métodos, sendo 6 espécies observadas exclusivamente em armadilhas *pitfall* e 4 em extratores de mini-Winkler.

Os resultados obtidos corroboram os de Fisher & Robertson (2002), indicando que um método eficiente coleta elevado número de espécies com baixa frequência de ocorrência. A estimativa elevada de 81 espécies é um reflexo da alta proporção de espécies únicas, que é uma importante ponderação do indicador escolhido, além de ser esperado para o método utilizado (Olson 1991; Longino *et al.* 2002). A maioria dessas espécies únicas pertence ao gênero *Hypoponera* e algumas têm características morfológicas típicas de formigas crípticas de hábitos hipogéicos (King *et al.* 1998; Silvestre 2000; Hoffmann & Andersen 2003; Silva & Silvestre 2004; Delabie *et al.* 2007), que sobem até a superfície eventualmente para forragearem, sugerindo que o uso do método de mini-Winkler abrange a mesofauna presente na camada de serapilheira da superfície do solo no momento da amostragem. Outra seletividade do método, relacionada à pequena malha do saco telado interno ao extrator (0,4 cm de diâmetro), explica o *status* de raridade e ausência de algumas espécies epigéicas dos gêneros *Pachycondyla* e *Odontomachus* constituídas, no geral, de indivíduos com dimensões superiores ao diâmetro da malha, sendo melhores amostradas com armadilhas *pitfall* (Olson 1991; Souza *et al.* 2007).

As curvas de acumulação da riqueza de espécies mostraram a importância de coletar entre diferentes áreas e pontos de amostragem para melhor estimar a riqueza de espécies de formigas da subfamília Ponerinae, embora o alto esforço de coleta não tenha alcançado a assíntota. Os dados

das estimativas mostraram que uma redução de 20% a 30% do esforço de coleta, com o método empregado, não alteraria de maneira significativa os resultados encontrados. Todavia, com o incremento de outros métodos complementares de coleta, tais como armadilhas de alçapão (*pitfall*) e amostras de solo, poderíamos alcançar a assíntota (Olson 1991; Silva & Silvestre 2004; Souza et al. 2007).

A abundância e riqueza de espécies de ponerines apresentaram uma relação positiva significativa com a quantidade de serapilheira. Fagundes (2003) também encontrou influência positiva significativa entre a distribuição de formigas ponerines e a quantidade de serapilheira, entretanto não avaliou em nível específico. Benson & Harada (1988) sugerem que a alta diversidade local de formigas em florestas úmidas tropicais pode estar relacionada à ampla variedade de locais de nidificação disponíveis para a especialização. Os resultados encontrados neste estudo apontam para este fato, considerando-se as formigas ponerines de serapilheira em florestas primárias na Amazônia Oriental. Com um volume maior de serapilheira no solo da floresta, é provável que haja mais recursos alimentares e físicos (isto é, locais disponíveis para nidificação ou abrigo) para as espécies, os quais são atrativos para o desenvolvimento e estabelecimento de colônias, o forrageio de operárias das espécies predadoras (McGlynn & Kirksey 2000), e, até mesmo, para locais de esconderijo, pois obviamente espécies crípticas são mais difíceis de serem visualizadas com um maior amontoado de foliço. As causas bióticas (isto é, interações intra e interespecíficas) das distribuições não foram medidas, não

obstante, também devem estar relacionadas à quantidade de serapilheira (McGlynn & Kirksey 2000).

As diferenças entre as áreas de estudo foram relacionadas ao volume de serapilheira encontrado. Na área mais diversa (Área V), por exemplo, foram transferidos aos extratores de mini-Winkler mais de 6 L de serapilheira por amostra (10 m²), em média; enquanto que na área menos diversa (Área VI), o volume médio de serapilheira peneirada por amostra se aproximou a 2 L. Os fatores que determinaram esse padrão, no entanto, não foram avaliados.

5.2. COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES

De acordo com Olson (1991), a coleta com extratores de mini-Winkler apresenta elevada proporção de espécies únicas, ratificando sua relevância em estudos de composição de espécies (Bestelmeyer *et al.* 2000). Foi encontrada relação entre o volume de serapilheira e a composição de espécies de ponerines. Uma provável explicação para este resultado deve estar relacionada à composição da serapilheira. Se a serapilheira apresentar folhas, gravetos, sementes e alguns outros componentes em proporções e composições desiguais, poderão ocorrer diferentes formas, ou grupos funcionais, uma vez que as espécies de formigas forrageiam e nidificam de acordo com a limitação de nutrientes e os recursos disponíveis em cada local (McGlynn & Kirksey 2000; McGlynn *et al.* 2007). Por exemplo, se uma espécie utiliza sementes em sua dieta, é mais provável que a encontremos na camada da serapilheira de áreas onde exista este recurso. Portanto, deve-se considerar também a biologia das espécies e as interações existentes na comunidade; assim, a predação ou a competição por um determinado recurso, pode influenciar na presença ou ausência de uma espécie em determinado local (Ribas & Schoereder 2002). Por exemplo, espécies do gênero *Thaumatomyrmex* são predadoras especializadas em millípedes (Brandão *et al.* 1991), logo, os determinantes para a distribuição dos millípedes são fundamentais também para a de seu predador. No entanto apenas um experimento de caráter qualitativo poderá responder esta questão com precisão, tratando-se das ponerines encontradas na serapilheira de florestas primárias dos diversos biomas tropicais.

No geral, os gêneros se apresentaram amplamente distribuídos na serapilheira de floresta primária da ECFPn e a similaridade na composição de espécies dentro das áreas foi baixa.

O gênero *Anochetus* apresenta ampla distribuição nas zonas tropicais e subtropicais do mundo (Brown 1978). Na região Neotropical são conhecidas 30 espécies, das quais oito têm ocorrência para o Brasil (Fernández & Sendoya 2004), e metade destas foi coletada neste estudo. Esse gênero foi encontrado em todas as áreas com um número relativamente baixo de espécies e de exemplares nas amostras. As quatro espécies encontradas não estavam sempre em amostras distintas, sendo que houve amostras nas quais até três espécies foram registradas, porém *Anochetus diegensis* e *A. targioni*, nunca ocorreram juntas na mesma amostra; por outro lado, *Anochetus mayri* e *A. horridus*, as espécies mais abundantes do gênero, foram frequentemente encontradas na mesma amostra. Segundo Delabie *et al.* (2000) e Silvestre (2000), as espécies deste gênero fazem parte da guilda de pequenas formigas predadoras generalistas, crípticas da serapilheira e com colônias pequenas, fato corroborado neste estudo pelo baixo número de indivíduos a cada 1 m². A espécie *A. mayri*, abundantemente encontrada nidificando em ramos ocos na serapilheira de florestas neotropicais (Quiroz-Robledo & Valenzuela-González 2007), foi bem caracterizada pela forma da mandíbula e pelo pequeno comprimento total comparados aos das demais espécies, contudo a amplitude de variações morfológicas, encontrada em alguns caracteres, e outros aspectos sugeridos por Brown (1978) poderão ser estudados em detalhe para melhor definir este táxon. Em Caxiuanã, Overal *et*

al. (1997) registraram as espécies *A. bispinosus* e *A. horridus* nidificando na vegetação e no solo, respectivamente. Este estudo amplia a ocorrência de mais três espécies (*A. diegensis*, *A. mayri* e *A. targionii*) para esta localidade.

No gênero *Hypoponera*, o qual pertence ao mesmo grupo funcional que *Anochetus* (Delabie *et al.* 2000; Silvestre 2000), não se denominou nenhuma espécie devido à ausência de uma revisão específica para a região Neotropical e grande dificuldade taxonômica para sua identificação. *Hypoponera*, com distribuição principalmente tropical (Seifert 2003), foi o gênero dominante (de maior abundância e riqueza de espécies) entre os ponerines na serapilheira da ECFPn, sendo que este táxon – de tamanho pequeno e coloração geralmente clara e opaca, além dos olhos com poucos omatídeos – não foi encontrado em apenas uma das 72 amostras. Algumas espécies foram encontradas com um número relativamente alto de indivíduos nas amostras, além de ocorrerem até cinco delas em uma única sub-amostra (1 m²) de serapilheira. São registradas 36 espécies para a região Neotropical, 24 para o Brasil (Fernández & Sendoya 2004) e apenas duas morfo-espécies eram registradas para Caxiuanã (Overal *et al.* 1997). No entanto, Overal *et al.* (1997) comentaram que as espécies mais vistosas e de maior tamanho tiveram melhor representação, o que subestimou as espécies crípticas e de menor tamanho; que foram abundantemente encontradas neste estudo.

O gênero *Leptogenys*, encontrado apenas nas coletas do período chuvoso, apresentou baixa abundância e riqueza de espécies. As espécies deste gênero são predadoras especialistas de cupins na serapilheira e no solo

de florestas (Delabie *et al.* 2000; Silvestre 2000; Quiroz-Robledo & Valenzuela-González 2007). O fato de algumas espécies apresentarem tamanho superior ao da malha do extrator de mini-Winkler e o hábito nômade (Silvestre 2000) podem ter contribuído para a baixa frequência de amostragem deste grupo com o método utilizado e, provavelmente, por não ter sido encontrada mais de uma espécie numa amostra. Na região Neotropical são conhecidas 38 espécies desse gênero, das quais 13 ocorrem no Brasil (Fernández & Sendoya 2004). O único registro deste gênero para a ECFPn era de *Leptogenys cf. unistimulosa*, encontrada na serapilheira e nidificando no solo (Overal *et al.* 1997). A espécie *Leptogenys pusilla*, registrada apenas para Colômbia e Costa Rica (Fernández & Sendoya 2004), tem sua distribuição geográfica ampliada neste estudo.

O gênero *Odontomachus* apresentou alta riqueza de espécies e ampla distribuição na ECFPn. Segundo Delabie *et al.* (2000) e Silvestre (2000), este gênero é composto, principalmente, por espécies grandes e predadoras generalistas dominantes no solo e na serapilheira, as quais também podem forragear na vegetação. A distribuição do gênero *Odontomachus* inclui todas as áreas tropicais úmidas, algumas áreas subtropicais e regiões temperadas (Brown 1976). No Brasil são conhecidas 15 espécies de *Odontomachus* (Brown 1976; Scott-Santos *et al.* 2008), destas, pelo menos oito ocorrem em Caxiuanã. A espécie *Odontomachus scalptus* – uma nova ocorrência para o Brasil (Bastos & Harada 2007), uma vez que sua distribuição conhecida envolvia os países Equador, Guiana, Guiana Francesa e Suriname (Brown, 1977; Fernández & Sendoya 2004) – foi a espécie mais abundante do gênero coletada na serapilheira em Caxiuanã. Até o momento, as espécies registradas na ECFPn

eram *O. biumbonatus*, *O. brunneus*, *O. caelatus*, *O. haematodus*, *O. hastatus* e *O. laticeps* (Overal *et al.* 1997; Bastos & Harada 2007). *O. bauri* e *O. meinerti* são novos registros para Caxiuanã, visto que Bastos & Harada (2007) as citaram morfotipando como “próximas” às respectivas espécies (isto é, *Odontomachus* pr. *bauri* e *Odontomachus* pr. *meinerti*). A ausência de *O. hastatus* e *O. biumbonatus* neste estudo pode ser explicada pelo efeito seletivo de tamanho da malha do saco telado interno ao mini-Winkler.

O gênero *Pachycondyla* é composto por espécies heterogêneas morfológicamente e tem uma distribuição cosmopolita, possuindo 51 espécies no Neotrópico e 33 no Brasil (Bolton 1995; Fernández & Sendoya 2004). Em Caxiuanã este gênero foi encontrado com elevada frequência e riqueza de espécies. As espécies *Pachycondyla apicalis*, *P. commutata* e *P. crassinoda*, não registradas neste estudo, foram coletadas por Overal *et al.* (1997) e Souza *et al.* (2007), *P. laevigata* e *P. villosa* apenas por Overal *et al.* (1997) e *P. magnifica* ocorreu apenas em armadilhas de fosso (*pitfall*) por Souza *et al.* (2007). Por outro lado, as espécies *P. lenis*, *P. lenkoi*, *P. mesonotalis* e *P. venusta* são novas ocorrências para essa localidade. As espécies *P. obscuricornis* (raramente coletada), *P. commutata* e *P. crassinoda*, como outras relativamente grandes, não foram coletadas devido ao seu tamanho. Wild (2005) mostrou que *P. obscuricornis* é a menor espécie do complexo *P. apicalis*, com distribuição na Amazônia, o que explica sua presença. Ainda, para Wild (2005) as três espécies do complexo são simpátricas, no entanto não há registro de *P. verenae* para Caxiuanã. *Pachycondyla constricta* foi a terceira espécie mais abundante neste estudo, sugerindo que ela nidifica na

serapilheira e/ou no solo da floresta, corroborando os resultados de Overal *et al.* (1997), diferente do que foi encontrado em plantações de cacau na Mata Atlântica por Delabie *et al.* (2000), que a citaram como sendo uma espécie arbórea.

Platythyrea é um gênero com distribuição principalmente tropical – pois sua extensão subtropical é limitada – sendo pouco coletado na serapilheira (Kempf 1964; Brown 1975), fato comprovado neste estudo. São conhecidas oito espécies com distribuição Neotropical e cinco ocorrem no Brasil (Fernández & Sendoya 2004). A espécie *Platythyrea sinuata* é encontrada em toda a floresta tropical amazônica (Fernández & Sendoya 2004). O status de raridade desta espécie – ocorreram apenas três indivíduos em uma amostra, sendo dois numa sub-amostra e outro dez metros mais a frente – pode estar relacionado ao hábitat dessa espécie, encontrada por Brown (1975) forrageando na vegetação a mais de 15 m de altura.

Formigas do gênero *Simopelta* têm comportamento de recrutamento em massa e seus ninhos são provavelmente nômades (Delabie *et al.* 2000). Das 10 espécies Neotropicais de *Simopelta*, quatro são registradas para o Brasil (Fernández & Sendoya 2004). Este gênero foi raramente encontrado na serapilheira de Caxiuanã – apenas em uma amostra, na Área V em janeiro de 2004. *Simopelta* sp#1 foi coletada com 14 espécimes em 1 m² (do qual se peneirou 1 L de serapilheira) juntamente com outras cinco espécies de ponerines; e no transecto em que ela ocorreu, curiosamente, havia 13 espécies de seis gêneros coletados neste estudo. Apenas os gêneros *Thaumatomyrmex* e *Platythyrea* não ocorreram nesta amostra, entretanto

foram registrados em outra amostra da mesma área, no mesmo período de coleta, com um intervalo de 30 m entre suas ocorrências.

O gênero *Thaumatomyrmex*, restrito à região Neotropical com seis espécies (Kempf 1975; Fernández & Sendoya 2004), foi coletado em várias áreas na ECFPn. Delabie *et al.* (2000) inseriram este gênero no grupo de predadores especialistas críticos de serapilheira. São formigas que controlam a população de milípedes, artrópodes abundantes na serapilheira de florestas úmidas e presas de formigas desse gênero (Brandão *et al.* 1991). A espécie encontrada foi identificada como sendo do grupo *Thaumatomyrmex ferox*, seguindo critérios de Kempf (1975) e Longino (1988). Os indivíduos encontrados se diferem da espécie *T. ferox* e *T. atrox* por apresentarem estriação longitudinal no clipeo, não registrada nestas espécies (Kempf 1975). Longino (1988) sugere que as diferenças morfológicas são apenas de populações alopátricas que não especiaram, porém Brandão *et al.* (1991) encontraram duas espécies simpátricas, refutando esta hipótese.

6. CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que as formigas ponerines estão amplamente distribuídas na camada de serapilheira em florestas primárias na ECFPn, com elevada abundância (470 registros de espécies em 72 amostras) e riqueza de espécies (60).

Com uma grande quantidade de espécies únicas, a técnica de mini-Winkler se mostrou eficiente para o estudo de composição das espécies de ponerines encontradas na serapilheira.

O volume de serapilheira das amostras influenciou positivamente na abundância e riqueza de espécies, além de afetar a composição das espécies de ponerines encontradas na serapilheira da ECFPn, indicando que a quantidade de serapilheira é um dos fatores reguladores da diversidade de formigas neste estrato florestal.

As áreas de estudo apresentaram diferenças significativas tanto na diversidade, abundância e riqueza de espécies de ponerines, quanto na quantidade de serapilheira; entretanto a composição de espécies não foi claramente distinguível.

A maior quantidade de espécies únicas foi um fator fundamental para os maiores índices de diversidade, abundância e riqueza de espécies da Área V em relação às demais, além da maior quantidade de serapilheira encontrada, também, nesta área.

Os gêneros *Hypoponera*, *Odontomachus* e *Pachycondyla* foram os mais diversos e abundantes.

As espécies *Hypoponera* sp#1, *Hypoponera* sp#2, *Hypoponera* sp#6, *Hypoponera* sp#7, *Odontomachus scalptus* e *Pachycondyla constricta*, foram as mais abundantes e estiveram amplamente distribuídas na serapilheira de florestas primárias na ECFPn.

Com a dominância de poucas espécies nos períodos de coletas e nas áreas, além da alta proporção de espécies únicas, as amostras mais próximas foram marcadas pela baixa similaridade na composição de espécies, reforçando que, mesmo em pequena escala, a heterogeneidade da camada de serapilheira na floresta amazônica tem importante papel na distribuição das espécies.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agosti, D. & N. F. Johnson. 2009. Number of species recorded in Formicidae. *In*: D. Agosti & N. F. Johnson. **Antbase**. Available in the World Wide Web at: http://osuc.biosci.ohio-state.edu/hymenoptera/tsa.sppcount?the_taxon=Formicidae. [05/jan./2009].
- Andrade-Neto, H. G. (1987). Taxa de exploração de iscas por formigas em uma floresta de terra firme na Amazônia Oriental. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoologia** 3: 219-234.
- Ayres, M.; M. Ayres Jr.; D. L. Ayres & A. A. S. Santos. 2007. **BioEstat – Aplicações Estatísticas nas áreas das Ciências Bio-médicas, Versão 5.0**. Belém, Imprensa Oficial do Estado do Pará.
- Basset, Y.; G. A. Samuelson; A. Allison & S. E. Miller. 1996. How many species of host-specific insects feed on a species of tropical tree? **Biological Journal of the Linnean Society** 59: 201-216.
- Bastos, A. H. S. & A. Y. Harada. 2007. Ocorrência de *Odontomachus* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae) na Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn), Caxiuanã, Melgaço, Pará. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 59., 2007, Belém. **Anais eletrônicos...** SBPC/UFGA, 2007. Available in the World Wide Web at: <http://www.servicos.sbpcnet.org.br/sbpc/59ra/senior/livroeletronico/resumos/R2286-1.html>. [30/mai./2008].
- Batra, P. 2006. Tropical Ecology, Assessment, and Monitoring (TEAM) Initiative: Ant Monitoring Protocol versão 2.01. *In*: Conservation International/TEAM. **TEAM network portal**. Available in the World Wide

- Web at: http://www.teamnetwork.org/portal/server.pt/gateway/PTARGS_0_1_24600_95397_0_0_18/TEAMAnt-PT-EN-2.1.pdf. [4/jan./2008].
- Bawa, S. K.; W. J. Kress; N. M. Nadkarni & S. Lele. 2004. Beyond paradise – meeting the challenges in tropical biology in the 21st century. **Biotropica** **36**: 437-446.
- Benson, W. W. & C. R. F. Brandão. 1987. *Pheidole* diversity in the humid Tropics: a survey from Serra dos Carajás, Pará, Brazil, p. 593-594. *In*: J. Eder & H. Rembold (eds.). **Chemistry and biology of social insects**. München, Verlag J. Peperny, 757 p.
- Benson, W. W. & A. Y. Harada. 1988. Local diversity of tropical and temperate ant fauna (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Amazonica** **18**: 275-289.
- Bestelmeyer, B. D.; D. Agosti; L. E. Alonso; C. R. F. Brandão; W. L. Brown Jr; J. H. C. Delabie & R. Silvestre. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation, p. 122-144. *In*: D. Agosti; J. D. Majer; L. E. Alonso & T. R. Schultz (eds.). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution Press, 280 p.
- Bolton, B. 1995. **A new general catalogue of the ants of the world**. Cambridge, Harvard University Press, 504 p.
- Bolton, B. 2003. Synopsis and classification of Formicidae. **Memoirs of the American Entomological Institute** **71**: 1-370.
- Brady, S. G.; T. R. Schultz; B. L. Fisher & P. S. Ward. 2006. Evaluating alternative hypotheses for the early evolution and diversification of ants.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **103**: 18172-18177.

- Brandão, C. R. F.; J. L. M. Diniz & E. M. Tomotake. 1991. *Thaumatomyrmex* strip millipedes for prey: a novel predatory behaviour in ants, and the first case of sympatry in the genus (Hymenoptera: Formicidae). **Insectes Sociaux** **38**: 335-344.
- Brown Jr., W. L. 1975. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. V. Ponerinae, tribes Platythyreini, Cerapachyini, Cylindromyrmecini, Acanthostichini and Aenictogitini. **Search Agriculture, Entomology (Ithaca)** **5**: 1-115.
- Brown Jr., W. L. 1976. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. Part VI. Ponerinae, tribe Ponerini, subtribe Odontomachiti. Section A. Introduction, subtribal characters, genus *Odontomachus*. **Studia Entomologica** **19**: 67-171.
- Brown Jr., W. L. 1977. A supplement to the world revision of *Odontomachus* (Hymenoptera: Formicidae). **Psyche** **84**: 281-285.
- Brown Jr., W. L. 1978. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. Part VI. Ponerinae, tribe Ponerini, subtribe Odontomachiti. Section B. Genus *Anochetus* and bibliography. **Studia Entomologica** **20**: 549-638.
- Brühl, C. A.; M. Mohamed & K. E. Linsenmair. 1999. Altitudinal distribution of leaf litter ants along a transect in primary forests on Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. **Journal of Tropical Ecology** **15**: 265-277.

- Carvalho, K. S. & H. L. Vasconcelos. 2002. Comunidade de formigas que nidificam em pequenos galhos da serrapilheira em floresta da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** **46**: 115-121.
- Colwell, R. K. 2006. **Statistical estimation of species richness and shared species from sample, Version 8.0.0**. Available in the World Wide Web at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS> [29/jan./2008].
- Costa, J. P. R. & J. C. Moraes. 2002. Médias mensais de variáveis meteorológicas (1996-1999), p. 225-232. *In*: P. L. B. Lisboa (Org.). **Caxiuanã: populações tradicionais, meio físico e diversidade biológica**. Belém, Ed. Museu Paraense Emílio Goeldi, 734 p.
- Delabie, J. H. C. & H. G. Fowler. 1995. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations. **Pedobiologia** **39**: 423-433.
- Delabie, J. H. C.; D. Agosti & I. C. Nascimento. 2000. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region, p. 1-17. *In*: D. Agosti; J. Majer; L. Alonso & T. Schultz (eds.). **Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests**. Perth, Curtin University School of Environmental Biology, Bulletin No. 18, 75 p.
- Delabie, J. H. C.; B. Jahyny; I. C. Nascimento; C. S. F. Mariano; S. Lacau; S. Campiolo; S. M. Philpott & M. Leponce. 2007. 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** **16**: 2359-2384.

- Diehl-Fleig, E. 1995. **Formigas: organização social e ecologia comportamental**. São Leopoldo, Ed. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 168 p.
- Fagundes, E. P. 2003. **Efeito de fatores do solo, altitude e inclinação do terreno sobre os invertebrados da serapilheira, com ênfase em Formicidae (Insecta, Hymenoptera) da reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Entomologia). Instituto de Pesquisas da Amazônia / Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2003. 80 p.
- Fernández, F. 2007. Filogenia y sistemática de las hormigas en la región Neotropical. **Biológico 69** (supl. 2): 197-204.
- Fernández, F. & S. Sendoya. 2004. Synonymic list of Neotropical ants (Hymenoptera: Formicidae). **Biota Colombiana 5**: 3-105.
- Fisher, B. L. & H. G. Robertson. 2002. Comparison and origin of Forest and Grassland ant assemblages in the high plateau of Madagascar (Hymenoptera: Formicidae). **Biotropica 34**: 156-167.
- Fittkau, E. J. & H. Klinge. 1973. The biomass and trophic structure of the Central Amazonia rain forest ecosystem. **Biotropica 5**: 2-14.
- Fowler, H. G.; L. C. Forti; C. R. F. Brandão; J. H. C. Delabie & H. L. Vasconcelos. 1991. Ecologia nutricional de formigas, p. 131-223. *In*: A. R. Panizzi & J. R. P. Parra (eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo, Ed. Manole e CNPq, 376 p.
- Freitas, A. V. L.; R. B. Francini & K. S. Brown Jr. 2004. Insetos como indicadores ambientais, p. 125- 151. *In*: L. Cullen Jr.; R. Rudran & C.

- Valladares-Padua (orgs.). **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba, Ed. Universidade Federal do Paraná, 665 p.
- Hammer, O.; D. A. T. Harper & P. D. Ryan. 2008a. Multivariate Statistics. *In*: O. Hammer; D. A. T. Harper & P. D. Ryan. **PAST: paleontological statistics**. Available in the World Wide Web at: <http://folk.uio.no/ohammer/past/multivar.html> [15/jan./2008].
- Hammer, O.; D. A. T. Harper & P. D. Ryan. 2008b. PAST: Palaeontological Statistics, version 1.78. *In*: O. Hammer; D. A. T. Harper & P. D. Ryan. **PAST: paleontological statistics**. Available in the World Wide Web at: <http://folk.uio.no/ohammer/past/download.html> [29/jan./2008].
- Hilty, J. & A. Merenlender. 2000. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. **Biological Conservation** **96**: 185-197.
- Hoffmann, B. D. & A. N. Andersen. 2003. Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. **Austral Ecology** **28**: 444-464.
- Hölldobler, B. & E. O. Wilson. 1990. **The Ants**. Cambridge, The Belknap Press of Harvard University Press, 731 p.
- Kalif, K. A. B. 2001. **Impactos da exploração madeireira sobre a fauna de formigas e conseqüências para a remoção de sementes florestais na Amazônia Oriental**. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Universidade Federal do Pará / Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém. 2001. 62 p.

- Kalif, K. A. B. & P. R. S. Moutinho. 2000. Comparison of three methods of sampling ant in a tropical forest area in eastern Amazonia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoologia 16**: 75-81.
- Kempf, W. W. 1964. Uma nova *Platythyrea* do Brasil (Hym., Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia 11**: 141-144.
- Kempf, W. W. 1970. Levantamento das formigas da mata amazônica, nos arredores de Belém do Pará, Brasil. **Studia Entomologica 13**: 321-344.
- Kempf, W. W. 1975. A revision of the Neotropical ponerine ant genus *Thaumatomyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). **Studia Entomologica 18**: 95-344.
- Ketelhut, S. M. 1999. **Avaliação das comunidades de formigas em uma área de extração madeireira**. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Universidade Federal do Pará / Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém. 1999. 115 p.
- Ketelhut, S. M. 2004. **Ecologia de comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na várzea da Ilha de Marchantaria – município de Iranduba, Amazônia Central**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Entomologia). Universidade do Amazonas / Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 2004. 192 p.
- King, J. R.; A. N. Andersen & A. D. Cutter. 1998. Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. **Biodiversity and Conservation 7**: 1627-1638.
- Krebs, C. J. 1972. **Ecology : the experimental analysis of distribution and abundance**. New York, Harper & Row Publishers, 694 p.

- LaPolla, S. J.; T. Suman; J. Sosa-Calvo & T. R. Schultz. 2007. Leaf litter ant diversity in Guyana. **Biodiversity and Conservation** **16**: 491-510.
- Lattke, J. E. 2003. Subfamilia Ponerinae, p. 261-276. *In*: F. Fernández (ed.). **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 398 p.
- Levings, S. C. 1983. Seasonal, annual, and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: some causes of patchy species distributions. **Ecological Monographs** **53**: 435-455.
- Lisboa, P. L. B. 2002. A Estação Científica Ferreira Penna/ECFPn (1993-2000), p. 35-55. *In*: P. L. B. Lisboa (org.). **Caxiuanã: populações tradicionais, meio físico e diversidade biológica**. Belém, Ed. Museu Paraense Emílio Goeldi, 734 p.
- Longino, J. T. 1988. Notes on the taxonomy of the Neotropical ant genus *Thaumatomyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae), p. 35-42. *In*: J. C. Trager (ed.). **Advances in myrmecology**. New York, Brill Academic Publishers, 551 p.
- Longino, J. T.; J. Coddington & R. K. Colwell. 2002. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. **Ecology** **83**: 689-702.
- Longino, J. T. & N. M. Nadkarni. 1990. A comparison of ground and canopy leaf litter ants (Hymenoptera: Formicidae) in a neotropical montane forest. **Psyche** **97**: 81-93.
- Magurran, A. E. 2004. **Measuring biological diversity**. Oxford, Blackwell Publishing, 256 p.

- Majer, J. D. & J. H. C. Delabie. 1994. Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in the Brazilian Amazon. **Insectes Sociaux** **41**: 343-359.
- McGlynn, T. P.; D. J. Salinas; R. R. Dunn; T. E. Wood; D. Lawrence & D. A. Clark. 2007. Phosphorus limits tropical rain forest litter fauna. **Biotropica** **39**: 50-53.
- McGlynn, T. P. & S. E. Kirksey. 2000. The effects of food presentation and microhabitat upon resource monopoly in a ground-foraging ant (Hymenoptera: Formicidae) community. **Revista de Biología Tropical** **48**: 629-642.
- Moutinho, P. R. S. 1991. Note on foraging activity and diet of two *Pheidole* Westwood species (Hymenoptera: Formicidae) in an area of "shrub canga" vegetation in Amazonian Brazil. **Revista Brasileira de Biologia** **51**: 403-406.
- Odegaard, F.; O. H. Diserud; S. Engen & K. Aagaard. 2000. The magnitude of local host specificity for phytophagous insects and its implications for estimates of global species richness. **Conservation Biology** **14**: 1182-1186.
- Olson, D. M. 1991. 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** **23**: 166-172.
- Overal, W. L.; A. Y. Harada & B. M. Mascarenhas. 1997. As formigas. p. 369-379. *In*: P. L. B. Lisboa (org.). **Caxiuanã**. Belém, Ed. Museu Paraense Emílio Goeldi, 440 p.

- Palacio, E. E. & F. Fernández. 2003. Clave para las subfamilias y géneros, p. 233-260. *In*: F. Fernández (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 398 p.
- Primack, R. B. & E. Rodrigues. 2001. **Biologia da conservação**. Londrina, Editora Planta, 328 p.
- Quiroz-Robledo, L. N. & J. Valenzuela-González. 2007. Distribution of poneromorph ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Mexican State of Morelos. **Florida Entomologist** **90**: 609-615.
- Ribas, C. R. & J. H. Schoederer. 2002. Are all ant mosaics caused by competition? **Oecologia** **131**: 606-611.
- Romero, H. & K. Jaffe. 1989. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera, Formicidae) in Savannas. **Biotropica** **21**: 348-352.
- Santos, M. S.; J. N. C. Louzada; N. Dias; R. Zanetti; J. H. C. Delabie & I. C. Nascimento. 2006. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia** **96**: 95-101.
- Santos, J. C.; J. H. C. Delabie & G. W. Fernandes. 2008. A 15-year post evaluation of the fire effects on the ant community in an area of Amazonian forest. **Revista Brasileira de Entomologia** **52**: 82-87.
- Sayer, E. J. 2006. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. **Biological Reviews** **81**: 1-31.

- Schmidt, C. A. 2008. **The Rough Guide to Ponerine Ants**. Available in the World Wide Web at: <http://www.ponerine.org/ponerines.shtml>. [24/jan./2008].
- Schütte, M. S.; J. M. Queiroz; A. J. Mayhé-Nunes & M. P. S. Pereira. 2007. Inventário estruturado de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em floresta ombrófila de encosta na ilha da Marambaia, RJ. **Iheringia, Série Zoologia** **97**: 103-110.
- Scott-Santos, C. P.; F. A. Esteves & C. R. F. Brandão. 2008. Catalogue of “poneromorph” ant type specimens (Hymenoptera, Formicidae) deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** **48**: 75-88.
- Seifert, B. 2003. *Hypoponera punctatissima* (Roger) and *H. schauinslandi* (Emery) – two morphologically and biologically distinct species (Hymenoptera: Formicidae). **Abh. Ber. Naturkundemus.** **75**: 61-81.
- Silva, J. M. C.; A. B. Rylands & G. A. B. Fonseca. 2005. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. **Megadiversidade** **1**: 124-131.
- Silva, R. R. & R. Silvestre. 2004. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia** **44**: 1-11.
- Silvestre, R. 2000. **Estrutura de comunidades de formigas do Cerrado**. Tese (Doutorado em Ciências – Entomologia). Universidade de São Paulo/Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto. 2000. 216 p.

- Souza, J. L. P.; C. A. R. Moura; A. Y. Harada & E. Franklin. 2007. Diversidade de espécies dos gêneros de *Crematogaster*, *Gnamptogenys* e *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) e complementaridade dos métodos de coleta durante a estação seca numa estação ecológica no estado do Pará, Brasil. **Acta Amazonica** 37: 649-656.
- Tabarelli, M. & C. Gascon. 2005. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para conservação da biodiversidade. **Megadiversidade** 1: 181-188.
- Vasconcelos, H. L. 1999. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. **Biodiversity and Conservation** 8: 409-420.
- Vasconcelos, H. L. 2007. Padrões de distribuição de formigas na várzea amazônica, p. 153-178. In: A. L. K. M. Albernaz (org.). **Conservação da várzea: identificação e caracterização de regiões biogeográficas**. Manaus, Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 353 p.
- Vasconcelos, H. L.; A. C. C. Macedo & J. M. S. Vilhena. 2003. Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in an Amazonian forest. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** 38: 115-124.