

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JULIANA MARIA CALIXTO

**AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DE ATIVIDADES DE FORMIGAS DE
SERAPILHEIRA (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) NOS PERÍODOS DIURNO E
NOTURNO**

CURITIBA

2016

JULIANA MARIA CALIXTO

**AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DE ATIVIDADES DE FORMIGAS DE
SERAPILHEIRA (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) NOS PERÍODOS DIURNO E
NOTURNO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas – Entomologia, no Curso de Pós-Graduação em Entomologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo dos Santos Machado Feitosa

Co-orientador: Prof. Dr. Rogério Rosa da Silva

CURITIBA

2016

JULIANA MARIA CALIXTO

"AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DE ATIVIDADES DE FORMIGAS DE
SERAPILHEIRA (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) NOS PERÍODOS DIURNO
E NOTURNO"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de "Mestre
em Ciências Biológicas", no Programa de Pós-graduação em Ciências
Biológicas, Área de Concentração em Entomologia, da Universidade Federal
do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



Prof. Dr. Rodrigo dos Santos Machado Feitosa (Orientador)
(UFPR)



Profa. Dra. Maria Santina de Castro Morini
(UMC)



Prof. Dr. Maurício Osvaldo Moura
(UFPR)

Curitiba, 22 de fevereiro de 2016.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná por ser a minha segunda casa desde 2009. Ao corpo docente e técnicos do programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Entomologia) e a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Rodrigo dos Santos Machado Feitosa e Prof. Dr. Rogério Rosa da Silva, pela orientação, amizade, companheirismo, paciência e por serem incentivadores na minha maior paixão, que é o estudo das formigas. Sou extremamente grata pela oportunidade que recebi e todo o apoio durante esses dois anos.

À minha família,

Aos meus amigos,

Aos colegas de curso,

Aos professores que foram membros da minha banca,

Aos colegas e amigos do Laboratório de Sistemática e Biologia de Formigas.

Em especial a Aline e Weslly por terem aceitado a difícil missão de participar das minhas coletas. A Gabriela Camacho pela amizade, companheirismo e a cachaça de todos os dias, Alexandre e Thiago (Thi magia) pela parceria, zoera e ajuda na identificação do material. A Luiza por ter me ajudado durante o processamento do material e também a Mila por toda a sua presença maromba no laboratório. E novamente agradeço ao Prof. Dr. Rodrigo dos Santos Machado Feitosa, por esses três anos de convívio no “menor” e mais querido laboratório da UFPR. Se hoje me sinto realizada e feliz atuando na Mirmecologia, é porque vocês me inspiraram todos os dias!!

Tinha sete anos apenas,
apenas sete anos,
Que sete anos!
Não chegava nem a cinco!
De repente umas vozes na rua
me gritaram **Negra!**
Negra! Negra! Negra! Negra! Negra!
Negra!

"Por acaso sou **negra?**" – me disse
SIM!

"Que coisa é ser **negra?**"
Negra!

E eu não sabia a triste verdade que aquilo
escondia.

Negra!
E me senti negra,
Negra!

Como eles diziam
Negra!

E retrocedi
Negra!

Como eles queriam

Negra!

E odiei meus cabelos e meus lábios grossos
e mirei apenas a minha carne tostada

E retrocedi

Negra!

E retrocedi...

Negra! Negra! Negra! Negra!

Negra! Negra! Neeegra!

Negra! Negra! Negra! Negra!

Negra! Negra! Negra! Negra!

E passava o tempo,
e sempre amargurada

Continuava levando nas minhas costas
minha pesada carga

E como pesava!...

Alisei o cabelo,

Passei pó na cara,

e entre minhas entranhas sempre ressoava a
mesma palavra

Negra! Negra! Negra! Negra!

Negra! Negra! Neeegra!

Até que um dia que retrocedia, retrocedia e que
ia cair

Negra! Negra! Negra! Negra!

Negra! Negra! Negra! Negra!

Negra! Negra! Negra! Negra!

Negra! Negra! Negra!

E daí?

E daí?

Negra!

Sim

Negra!

Sou

Negra!

Negra

Negra!

Negra sou

Negra!

Sim

Negra!

Sou

Negra!

Negra

Negra!

Negra sou

De hoje em diante não quero
alisar meu cabelo

Não quero

E vou rir daqueles,
que por evitar – segundo eles –

que por evitar-nos algum disabor
Chamam aos **negros** de gente de cor

E de que cor!

NEGRA

E como soa lindo!

NEGRO

E que ritmo tem!

Negro Negro Negro Negro

Negro Negro Negro Negro

Negro Negro Negro Negro

Negro Negro Negro

Afinal

Afinal compreendi

AFINAL

Já não retrocedo

AFINAL

E avanço segura

AFINAL

Avanço e espero

AFINAL

E bendigo aos céus porque quis Deus
que negro azeviche fosse minha cor

E já compreendi

AFINAL

Já tenho a chave!

NEGRO NEGRO NEGRO NEGRO

NEGRO NEGRO NEGRO NEGRO

NEGRO NEGRO NEGRO NEGRO

NEGRO NEGRO

Negra sou!

RESUMO

Formigas estão distribuídas em todos os estratos do ambiente, principalmente na serapilheira. A ecologia de formigas de serapilheira é complexa pois envolve fatores relacionados à diversidade de espécies e também às características do hábitat. Dados sobre distribuição temporal podem ajudar a entender a relação entre fatores ambientais e a biologia das espécies, o que deve permitir uma melhor compreensão sobre modelos determinísticos de organização da fauna de formigas, um importante componente de todos os ecossistemas terrestres. O principal método de coleta de formigas epigéicas, o extrator de Winkler, é amplamente utilizado sem nenhuma preocupação quanto ao horário da retirada das amostras. Isso ocorre com base na premissa de que formigas de serapilheira apresentam baixa autonomia de deslocamento e que o fato de seus ninhos estarem localizados neste estrato seria suficiente para garantir a eficiência do método. Contudo, não existem trabalhos na literatura em que tenha sido proposto uma forma de se testar uma eventual partição temporal diária no período de atividade de formigas epigéicas. Neste trabalho testamos a variação na composição de espécies de formigas de serapilheira nos períodos diurno e noturno em áreas de Floresta Atlântica e quais táxons são mais representativos em ambos os períodos do dia. Para avaliar a distribuição temporal, foram amostradas formigas através de extratores de Winklers em duas áreas, durante a estação chuvosa, no período diurno e noturno. Nossos dados sugerem que não há diferenças significativas quando comparamos as espécies amostradas para as duas áreas em função do período de coleta (diurno e noturno). Também notamos que as variáveis ambientais temperatura, UR e peso da serapilheira, em alguns modelos, têm um efeito pequeno sobre os valores de dissimilaridade entre amostras. Os resultados deste trabalho servem como base para futuros estudos sobre distribuição temporal e inventários da fauna de formigas de serapilheira.

Palavras-chave: Distribuição temporal, diversidade, epigéicas, hipogéicas, extrator de Winkler, mirmecofauna.

ABSTRACT

Ants are distributed in all environmental strata, mainly in the leaf litter. The ecology of leaf litter ant is complex because it involves factors related to the species diversity and also to habitat characteristics. Data on temporal distribution can support the understanding of the relation between environmental factors and the biology of the species, which should allow a better understanding of deterministic models of ant fauna organization, an important component of terrestrial ecosystems. The main method of sampling epigeic ants, the Winkler extractor, is widely used without any concern regarding the collecting period. This is based on the premise that litter ants have low foraging autonomy and also to the fact that their nests are located within this stratum and that would be enough to ensure the efficacy of the method. However, there are no studies in the literature testing a possible daily temporal partition in the activity of epigeic ants. Here, we investigated the variation in species richness and composition of leaf-litter ants in diurnal and nocturnal periods in the Brazilian Atlantic rain forest and also evaluated which ant taxa are more representative in both periods. To assess the temporal distribution, ants were sampled through Winkler extractors in two areas during the wet season, in diurnal and nocturnal periods. Our data suggest that there are no significant differences in ant composition when we compare the species sampled in the two areas and in both periods of sampling (diurnal and nocturnal). We also noted that the environmental variables temperature, RH and litter volume, in some models, have a small effect on the dissimilarity values between samples. These results represent baselines for future studies on temporal distribution and inventories of leaf litter ants.

Key-words: Temporal distribution, epigeic, hypogeic, Winkler extractor, diversity, ant fauna.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - -	MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA RPPN RESERVA NATURAL RIO CACHOEIRA, ANTONINA, PARANÁ, BRASIL.....	16
FIGURA 2 -	MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO AEIT DO MARUMBI NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL.....	17
FIGURA 3 -	BOXPLOT DE COMPARAÇÕES ENTRE PERÍODOS (DIURNO E NOTURNO) E POSIÇÃO (LADO DIREITO E LADO ESQUERDO) DA FAUNA DE FORMIGAS DE SERAPILHEIRA PARA ÁREA I.....	28
FIGURA 4 -	BOXPLOT DE COMPARAÇÕES ENTRE PERÍODOS (DIURNO E NOTURNO) E POSIÇÃO (LADO DIREITO E LADO ESQUERDO) DA FAUNA DE FORMIGAS DE SERAPILHEIRA PARA ÁREA II	28
FIGURA 5 -	GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DE ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO MÉTRICO (NMDS) DOS SUBQUADRANTES EM RELAÇÃO AO PERÍODO DE COLETA (DIURNO X NOTURNO) PARA ÁREA I, STRESS= 0.21.....	29
FIGURA 6 -	GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DE ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO MÉTRICO (NMDS) DOS SUBQUADRANTES EM RELAÇÃO AO PERÍODO DE COLETA (DIURNO X NOTURNO) PARA ÁREA II, STRESS=0.21.....	29

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	LISTA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS DE SERAPILHEIRA AMOSTRADAS NA ÁREA I (RPPN RESERVA NATURAL RIO CACHOEIRA) E ÁREA II (AETI MARUMBI – MANANCIAS DA SERRA) NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO.....	24
TABELA 2 -	RIQUEZA DE ESPÉCIES OBSERVADAS EM CADA UM DOS QUATRO GRUPOS DE AMOSTRAS PARA A ÁREA I E AREÁ II.....	27
TABELA 3 -	ANÁLISE DE DADOS DE SIMILARIDADE (ANOSIM) PARA PERÍODOS (DIURNO E NOTURNO) E POSIÇÃO DO SUBQUADRANTE (LADO DIREITO E LADO ESQUERDO) DA FAUNA DE FORMIGAS DE SERAPILHEIRA COLETADAS NA ÁREA I E ÁREA II.....	30
TABELA 4 -	MODELO DE ANÁLISE PERMUTACIONAL MULTIVARIADA DA VARIÂNCIA (PERMANOVA), TESTANDO O EFEITO DO PERÍODO DE COLETA (DIURNO E NOTURNO) E DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS VALORES DE DISTÂNCIA ENTRE AMOSTRAS PARA A ÁREA I.....	31
TABELA 5 -	MODELO DE ANÁLISE PERMUTACIONAL MULTIVARIADA DA VARIÂNCIA (PERMANOVA), TESTANDO O EFEITO DO GRUPO DE AMOSTRAS (DIA LADO ESQUERDO, DIA LADO DIREITO, NOITE LADO DIREITO, NOITE LADO ESQUERDO) E DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS VALORES DE DISTÂNCIA ENTRE AMOSTRAS PARA A ÁREA I.....	32
TABELA 6 -	RELAÇÃO ENTRE COMPOSIÇÃO DE FAUNA NAS 80 AMOSTRAS COLETADAS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS LOCAIS PARA A ÁREA I.....	32
TABELA 7 -	RELAÇÃO ENTRE COMPOSIÇÃO DE FAUNA NAS 80 AMOSTRAS COLETADAS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS LOCAIS PARA A ÁREA II.....	33

LISTA DE TABELAS

TABELA 8 -	MODELO DE ANÁLISE PERMUTACIONAL MULTIVARIADA DA VARIÂNCIA (PERMANOVA), TESTANDO O EFEITO DO PERÍODO DE COLETA (DIA E NOITE) E VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS VALORES DE DISTÂNCIA ENTRE AMOSTRAS PARA A ÁREA II.....	33
TABELA 9 -	MODELO DE ANÁLISE PERMUTACIONAL MULTIVARIADA DA VARIÂNCIA (PERMANOVA), TESTANDO O EFEITO DO GRUPO DE AMOSTRAS (DIA LADO ESQUERDO, DIA LADO DIREITO, NOITE LADO DIREITO, NOITE LADO ESQUERDO) E VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS VALORES DE DISTÂNCIA ENTRE AMOSTRAS PARA A ÁREA II.....	34
TABELA 10 -	LISTA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS REGISTRADAS QUE REPRESENTAM OS PRIMEIROS REGISTROS PARA O ESTADO DO PARANÁ, BRASIL.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1 ÁREA DE ESTUDO	15
2.1.1 Área I - RPPN Reserva Natural Rio Cachoeira.....	15
2.1.2 Área II - AEIT MARUMBI – Mananciais da Serra.....	16
2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL	17
2.2.1 Protocolo para coleta de formigas de serapilheira.....	19
2.3 CARACTERIZAÇÃO DO HÁBITAT	20
2.3.1 Temperatura e Umidade relativa.....	20
2.3.2 Profundidade e peso da serapilheira	20
2.4 ANÁLISE DOS DADOS	20
2.5. VARIÁVEIS AMBIENTAIS	21
3 RESULTADOS	23
3.1 RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES	23
3.2 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL EM FORMIGAS DE SERAPILHEIRA.....	27
3.3 VARIÁVEIS AMBIENTAIS	30
4 DISCUSSÃO	36
4.1 RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES	36
4.2 COMPOSIÇÃO DA FAUNA DE FORMIGAS DE SERAPILHEIRA E VARIAÇÃO TEMPORAL (DIÁRIA).....	37
4.3 VARIÁVEIS AMBIENTAIS	38
5 CONCLUSÃO	40
REFERENCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Atualmente são conhecidas 15.184 espécies e subespécies de formigas, sendo que para a região Neotropical temos o registro de 4.171 espécies e subespécies (BOLTON, 2016). Contudo, estima-se que o número de espécies neotropicais seja consideravelmente maior. As formigas são consideradas insetos eussociais, ou seja, apresentam cuidado cooperativo à prole, sobreposição de gerações e divisão de trabalho reprodutivo (WILSON, 1971). Estão distribuídas por todos os ambientes terrestres (HOLLOBLER & WILSON, 1990). Nas florestas tropicais, constituem cerca de 15% da biomassa animal (FITTKAU & KLINGE, 1973). Em relação aos habitats de mata, estão distribuídas nos estratos do solo, sub-bosque e dossel (ITINO & YAMANE, 1995). Estudos mostram uma composição de assembleia distinta entre o estrato do solo e o estrato arbóreo (YANOVIK & KASPARI, 2000; RYDER *et al.*, 2010). Estima-se que 63% da fauna de formigas descritas para o mundo estão presentes no solo (WALL & MOORE, 1999).

A serapilheira é formada pelo material precipitado ao solo pela biota, sendo constituída por folhas, ramos, frutos, raízes, galhos, flores e resíduos animais (DIAS & FILHO, 1997). A complexidade da serapilheira depende de fatores como a estrutura da comunidade vegetal de uma floresta e de variações de sazonalidade (MORELLATO, 1992). Organismos que compõem a fauna de solo e serapilheira apresentam tamanho reduzido. Sem técnicas adequadas, o acesso a essa fauna torna-se extremamente limitado. Armadilhas do tipo “pitfall” foram os primeiros métodos indicados para a coleta de formigas de solo (GREENSLADE, 1973). Além disso, métodos de amostragem em ecologia originalmente desenvolvidos para as regiões temperadas também vinham sendo aplicados em regiões tropicais, de forma menos eficiente, causando problemas para tornar as amostragens de fauna comparáveis (AGOSTI *et al.*, 1994). Por isso a necessidade de mais técnicas que pudessem acessar essa fauna até então pouco conhecida. Com a utilização do funil de Berlese (BESTELMEYER *et al.*, 2000) e do extrator de Winkler (FISHER, 1999) a fauna de solo e serapilheira tornou-se mais amostrada e estudada. Ainda na tentativa de se propor uma maneira de tornar estudos envolvendo formigas de solo comparáveis, estabeleceu-se um protocolo para coleta de formigas de serapilheira, denominado *Ants of Leaf Litter Protocol* (A.L.L. Protocol), aceito internacionalmente,

que permite comparações entre áreas e que vem sendo aplicado em diversas localidades do mundo (AGOSTI *et al.*, 2000).

A combinação de diferentes técnicas de coleta é ainda a melhor maneira de estimar a abundância e riqueza de formigas de serapilheira (LONGINO *et al.*, 2002). Em termos de riqueza de espécies, os extratores de Winkler são mais eficientes quando a serapilheira é mais abundante (PARR & CHOWN, 2001). Quando apenas uma técnica pode ser utilizada, recomenda-se o uso do extrator de Winkler, especialmente para ambientes de Mata Atlântica (ORSOLON-SOUZA *et al.*, 2011).

Embora o *A.L.L Protocol* apresente informações detalhadas para coleta de formigas de serapilheira, não há menção a horários de coletas com base em observações sobre o período de atividade de formigas. Atualmente existe um consenso de que as formigas dos estratos epigéico e hipogéico, em sua maioria, estabelecem colônias perenes (AGOSTI *et al.*, 2000) e que o raio de forrageamento de suas operárias é extremamente limitado. Assim, dada esta suposta baixa dinâmica de atividade de formigas na serapilheira, a principal técnica de coleta adotada para amostrar esta fauna, o extrator tipo mini-Winkler, seria eficiente independentemente do período de coleta, pois capturaria uma fauna estabelecida, que não tende a sofrer alterações em sua composição em longo prazo. Contudo, até o presente, estas inferências jamais foram efetivamente testadas e não levam em consideração o fato de que diferentes táxons apresentam estratégias distintas de reprodução, nidificação e obtenção de alimento, que evoluíram sob uma forte pressão de competição (HOLLDOBLE & WILSON, 1990)

A ecologia de espécies de formigas residentes nos estratos do solo é mais complexa que a de espécies residentes nos estratos arbóreos (WILSON, 1959). Os organismos de solo podem apresentar diferenças em sua distribuição temporal (BERG *et al.*, 1998a, BERG *et al.*, 1998b) e padrões temporais variando entre horizontais (ETTEMA & WARDLE, 2002) e verticais (BERG *et al.*, 1998a, BERG *et al.*, 1998b).

Os ciclos circadianos apresentam dois picos principais de variação, diurno e noturno, e algumas espécies podem apresentar atividade exclusivamente diurna ou noturna (ASCHOFF, 1965). Devido a sua diversidade, os insetos são considerados bons modelos para estudar fases de atividade, apresentando espécies ativas com ciclos circadianos e espécies ativas sem ciclos circadianos (EBAN-ROTHSCHILD &

BLOCH, 2012). Em formigas, algumas espécies apresentam variação no padrão temporal de atividade (OLIVEIRA *et al.*, 1999; FALCÃO *et al.*, 2014). As operárias encarregadas do cuidado com a prole podem ser mais ativas do que os indivíduos envolvidos nas atividades de forrageamento, os quais apresentam picos de atividade e períodos de repouso durante a noite (BLOCH, 2009; EBAN-ROTHSCHILD & BLOCH, 2012).

A coexistência entre espécies de formigas pode refletir a partição de nicho em várias escalas espaciais e temporais (ALBRECHT & GOTELLI, 2001). As assembleias de formigas são altamente estruturadas por competição (HOLLOBLER & WILSON, 1990). Muitas espécies apresentam algum grau de padronização na taxa de forrageamento e diferenças interespecíficas nesta taxa de forrageamento podem ser notadas temporalmente (HUNT, 1974). Espera-se que quando a taxa de predação é relativamente alta e a abundância de recursos é baixa, seja observada com mais frequência a separação temporal (SCHOENER, 1974). Em adição, nos casos em que ocorrem intensas interações de interferência promovidas por competição entre espécies, a separação temporal pode ser vantajosa (FELLERS, 1989)

Os padrões de atividade anuais podem ser importantes na estruturação de comunidades de formigas (HOLLOBLER & WILSON, 1990). Encontramos na literatura trabalhos que discutem padrões de atividade sazonais (LYNCH *et al.*, 1980; WHITFORD *et al.* 1981; FELLERS, 1989; SUAREZ *et al.*, 1998) ou que discutem a variação temporal diária para táxons específicos (MCCLUSKY & NEAL, 1990). Entretanto, encontramos poucos estudos sobre padrões de atividades para toda uma comunidade de formigas (ALBRECHT & GOTELLI, 2001). Nossa hipótese inicial foi de que existem diferenças temporais na comunidade de formigas de serapilheira. Assim, é esperado que fauna de formigas ativas no período diurno seja significativamente diferente da fauna de formigas do período noturno.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi conduzido em duas reservas localizadas no estado do Paraná, Região Sul do Brasil. A coleta dos dados foi realizada durante a estação chuvosa em fevereiro de 2014, na RPPN Reserva Natural Rio Cachoeira (Área I) e em dezembro de 2014 na AEIT do Marumbi – Mananciais da Serra (Área II).

2.1.1 Área I - RPPN Reserva Natural Rio Cachoeira

Atualmente encontramos 244 RPPN cadastradas e averbadas em caráter perpétuo no estado do Paraná (IAP, 2014). A maior área em âmbito estadual é a RPPN Estadual Reserva Natural Rio Cachoeira. A reserva está sob o gerenciamento da SPVS (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental) e compreende cerca de 4.292,88 ha (FIGURA 1). Pontos extremos ao norte (25°12'44" S, 48°01'05" W) e sul (25°28'38" S e 48°35'26"). A vegetação da região corresponde ao tipo Floresta Ombrófila Densa (RODERJAN *et al.*, 2002). Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, a região apresenta o clima temperado úmido com verão quente (Cfa) (PEEL *et al.*, 2007).

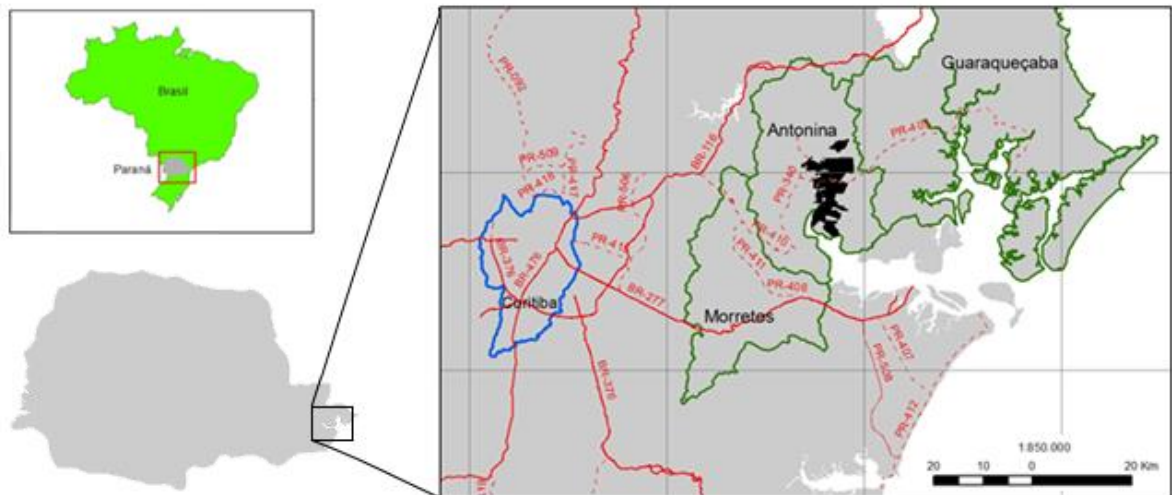


FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA RPPN RESERVA NATURAL RIO CACHOEIRA, ANTONINA, PARANÁ, BRASIL.

FONTE: SPVS (2013). MODIFICADO PELA AUTORA (2015).

2.1.2 Área II - AEIT MARUMBI – Mananciais da Serra

Criada em 1980, a Área de Especial Interesse Turístico do Marumbi apresenta 66,700 ha e tem como um dos principais objetivos a proteção da Floresta Atlântica do estado do Paraná. A base Mananciais da Serra, gerenciada pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), encontra-se no município de Piraquara, região Metropolitana de Curitiba (FIGURA 2). A região é caracterizada pelo encontro de Floresta Ombrófila Densa Montana com a Floresta Ombrófila Mista. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região apresenta o clima temperado úmido com verão temperado (Cfb) (PEEL *et al.*, 2007).

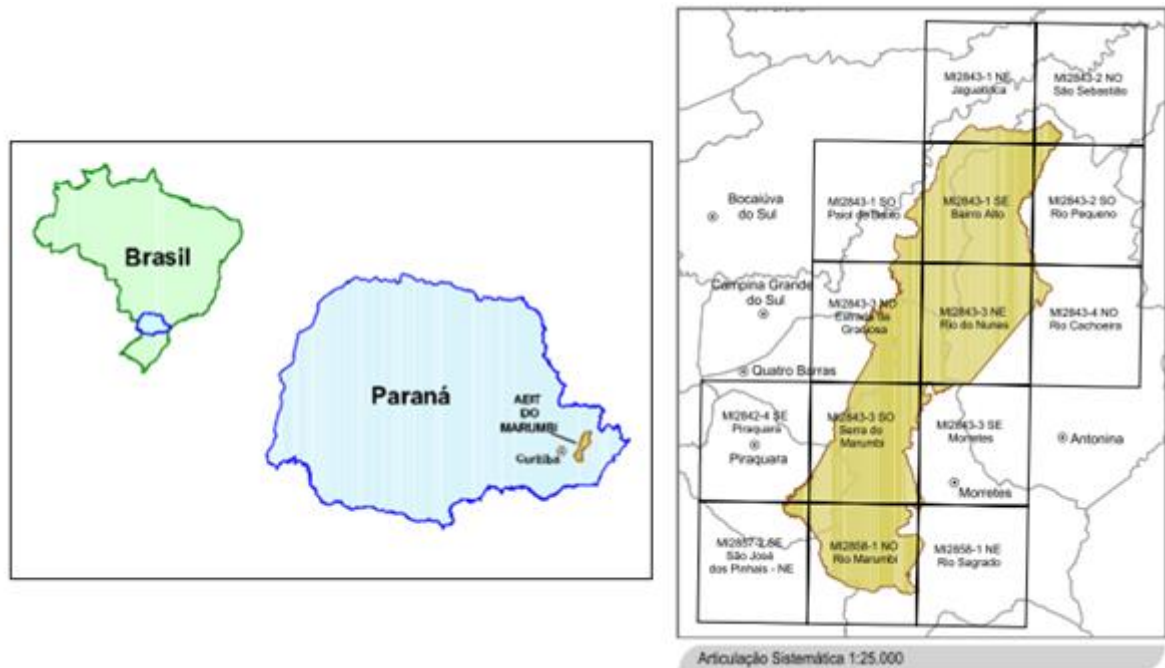


FIGURA 2 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO AEIT DO MARUMBI NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL.

FONTE: ITCG (2004), MODIFICADO PELA AUTORA (2015).

2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

Foram demarcados transectos de 200 metros de extensão em cada uma das áreas de estudo. A cada 10 metros ao longo dos transectos, instalou-se um ponto de coleta, totalizando 20 pontos. Cada ponto de coleta apresenta dois *plots* de 2,40 m², um posicionado à esquerda e o outro à direita do eixo do transecto, afastados 5 metros um do outro (isto é, a 2,5 metros do eixo do transecto) resultando em 40 *plots* ao longo de todo o transecto. Cada *plot* de 2,40 m² foi igualmente dividido em quatro quadrantes de 1,20 m² que correspondem às áreas de retirada das amostras de serapilheira, mais especificamente, as amostras retiradas correspondem a 60 cm² no interior dos quadrantes (chamadas de subquadrantes). Este tamanho de amostra foi utilizado para que a serapilheira fosse retirada apenas do centro dos quadrantes, minimizando o efeito da coleta nos quadrantes adjacentes. Em cada quadrante foram estabelecidos quatro pontos, de onde foram retiradas medidas de profundidade da serapilheira, a serem adicionadas como variáveis nas análises.

A retirada das amostras foi executada em dois períodos distintos, dia e noite, em dois dias de coleta, totalizando quatro eventos de coleta. No primeiro dia foram estabelecidos 10 pontos do transecto de onde foram retiradas as amostras, definidos por sorteio. A coleta teve início às nove horas da manhã (correspondendo ao período diurno de atividade das formigas). Em cada ponto previamente sorteado foi retirada uma amostra de serapilheira de um subquadrante do *plot* à esquerda do transecto e outra do *plot* à direita do transecto. O subquadrante de onde foi retirada a amostra em cada *plot* também foi determinado por aleatorização. Ao fim da atividade do período diurno foram coletadas 20 amostras de 60 cm² de serapilheira, uma em cada um dos dois *plots* dos 10 pontos previamente sorteados do transecto.

Precisamente 12 horas após o início das coletas diurnas deu-se início a coleta do período noturno. A retirada das amostras no período noturno foi realizada nos mesmos 10 pontos e nos mesmos 20 *plots* amostrados no período diurno. O procedimento para a retirada das amostras noturnas nos subquadrantes segue exatamente o padrão diurno, exceto pelo fato de que o quadrante já amostrado durante o dia foi retirado do sorteio que define o subquadrante de onde foi retirada a amostra durante a noite. Assim como no período diurno, a coleta noturna gerou 20 amostras de 60 cm² de serapilheira, o que totaliza 40 amostras no primeiro dia de coleta.

Devido ao intervalo de 48 horas necessário para a extração das formigas de serapilheira, o segundo evento de retirada de amostras no campo teve início dois dias após o primeiro. As coletas no segundo dia seguiram exatamente o protocolo do primeiro dia (coletas noturnas e diurnas), e as amostras foram retiradas dos 10 pontos restantes do transecto que não foram sorteados no primeiro dia. Assim, ao final das coletas, geramos um total de 80 amostras (40 dia/40 noite) para a Reserva Natural Rio Cachoeira e a mesma quantidade para a AEIT do Marumbi - Mananciais da Serra, totalizando 160 amostras de 60cm² de serapilheira.

O delineamento amostral teve como objetivo específico testar que, se diferenças diurnas e noturnas existem, amostras adjacentes coletadas de dia e de noite seriam mais diferentes entre si do que amostras coletadas no mesmo período, mas localizadas em lados opostos do transecto (separadas 10 metros entre si).

2.2.1 Protocolo para coleta de formigas de serapilheira

A retirada das amostras de serapilheira nos quadrantes seguiu o protocolo internacional de coleta de formigas de serapilheira, o *A.L.L. Protocol* (AGOSTI & ALONSO, 2001). A serapilheira de cada quadrante foi retirada com o auxílio de pás e agitada vigorosamente por cinco minutos em peneiradores especiais para desalojar a fauna. Após a peneiração, cada amostra contendo a serapilheira peneirada foi transferida do peneirador para um saco de tecido de malha grossa. Após cada evento de coleta em campo, as amostras foram rotuladas e instaladas em extratores do tipo mini-Winkler por um período de 48 horas para extração da fauna de serapilheira. A fauna extraída foi coletada em recipientes plásticos contendo um pedaço de esponja molhada, medida adotada para manter a umidade no recipiente, evitando que as formigas morram por dessecação e impedindo o acúmulo excessivo de fragmentos de serapilheira no fundo do recipiente.

A cada três horas, o recipiente coletor foi retirado e seu conteúdo colocado em uma bandeja de fundo branco para a triagem da fauna presente, ainda viva. O material coletado durante todo o período de extração nos extratores de Winkler foi transferido para recipientes de vidro devidamente rotulados contendo álcool a 90%. Ao final do processo de extração, a serapilheira peneirada contida nos extratores foi pesada em uma balança de precisão.

A identificação do material coletado foi realizada mediante consulta à literatura especializada, por comparação com material depositado na Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure da Universidade Federal do Paraná (DZUP) e em alguns casos mediante a consultas a especialistas. Todo o material coletado e processado neste estudo está depositado no DZUP.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO HÁBITAT

Com base em dados da literatura, foram selecionadas e medidas quatro variáveis que podem influenciar as atividades de formigas de serapilheira ou a própria caracterização da serapilheira.

2.3.1 Temperatura e umidade relativa

A temperatura e umidade de cada ponto do transecto foram determinadas simultaneamente com o uso de um termo-higrômetro (modelo Incoterm 7429.02.0.00).

2.3.2 Profundidade e peso da serapilheira

Para cada subquadrante selecionado através de sorteio, foi medida a profundidade da serapilheira em cada ponto extremo (ângulo) do subquadrante, totalizando quatro medidas por subquadrante. Além disto, após 48hs de extração da fauna nos extratores de Winkler, a serapilheira retirada de cada subquadrante foi pesada em uma balança de precisão digital (modelo Eletronic Kitchen scalr SF-400) para o aferimento do peso seco das amostras.

2.4 ANÁLISE DOS DADOS

A fase inicial de análise de dados envolveu a preparação de rótulos para as matrizes de comunidades, adicionando três novas colunas às matrizes para identificar ponto (1 a 20), lado (direito ou esquerdo) e período de coleta (diurno ou noturno). Para análise de dados consideramos quatro grupos de amostras: diurnas do lado direito, diurnas do lado esquerdo, noturnas do lado direito e noturnas do lado esquerdo, cada grupo representado por 20 amostras.

Primeiramente, analisamos graficamente a distribuição dos valores de distância entre os quatro grupos de amostras usando gráficos do tipo boxplot (CHAMBERS *et al.* 1983). Para isso, boxplots foram construídos para os valores de distância dos quatro grupos de amostras (diurnas do lado direito, diurnas do lado esquerdo, noturnas do lado direito e noturnas do lado esquerdo).

Análises de ordenação foram empregadas para avaliar graficamente as relações de similaridade entre as amostras. Para isso, classificamos as amostras em diurnas e noturnas para explorar de modo geral a similaridade da fauna diurna e noturna em todo o transecto. Utilizamos uma análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS; LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). A ordenação foi realizada através de dados de presença e ausência, empregando-se o índice de similaridade de Jaccard (MCCUNE & GRACE, 2002).

Diferenças gerais de composição das amostras foram avaliadas inicialmente com o método MRPP (Multi-response permutation procedures), utilizando a função *mrpp ()* do pacote *vegan* (OKSANEN *et al.*, 2015), Jaccard como medida de distância e 999 aleatorizações. Nesse caso, analisamos as 80 amostras distribuídas em quatro grupos (diurnas do lado direito, diurnas do lado esquerdo, noturnas do lado direito e noturnas do lado esquerdo). Em seguida, análises pareadas de similaridade entre os grupos de amostras foram realizadas com testes de similaridade ANOSIM (CLARKE, 1993; CLARKE & WARWICK, 2001). As matrizes de distância foram calculadas a partir de dados de presença/ausência e usando distância de Jaccard.

Para testar se há um efeito de espécies que foram pouco coletadas nos resultados das análises de composição, reavaliamos todos as análises excluindo-se as espécies com um único registro e as espécies de *Crematogaster* (possivelmente espécies arborícolas).

2.5. VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Para as análises, todas as variáveis foram padronizadas (centralizadas e divididas pelo desvio padrão). O efeito das variáveis ambientais na composição dos grupos de amostras foi avaliado de duas formas. Primeiramente, para testar o efeito

das variáveis ambientais na composição da fauna, considerando os períodos (diurno e noturno), foi utilizada uma Análise Permutacional Multivariada da Variância usando matrizes de distâncias (PERMANOVA) (ANDERSON, 2001). Matrizes de distância entre amostras foram calculadas usando índice de Jaccard (presença/ausência). A significância foi avaliada através de teste de Monte Carlo, com 999 aleatorizações e $p \leq 0.05$. Foi utilizada a função *adonis* () do pacote *vegan* para as análises de PERMANOVA (OKSANEN et al. 2015). Uma análise PERMANOVA considerando os quatro grupos de amostras como variável explicativa também foi empregada.

Na segunda parte das análises, avaliamos a relação entre composição e as variáveis ambientais (independente do período e localização das amostras no transecto). Para isso, subconjuntos de variáveis com maiores valores de correlação com as amostras (usando distância de Jaccard) foram ranqueados e, em seguida, a significância destes modelos foi testada utilizando testes de Mantel entre a matriz de distância das amostras e a distância ambiental entre as mesmas amostras. Usamos a função *bioenv* () e *mantel* () do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2015) para ranquear os modelos e testar a significância, respectivamente. Todas as análises foram executadas no programa R versão 3.2.3 (R CORE TEAM, 2015).

3 RESULTADOS

3.1 Riqueza e Composição de espécies

No total foram coletadas 116 espécies de formigas pertencentes a 34 gêneros e nove subfamílias (TABELA 1). As subfamílias mais diversas foram Myrmicinae com 66 espécies, seguida de Ponerinae com 23 espécies e Formicinae com 10 espécies. Os gêneros mais ricos em espécies foram *Pheidole* com 22 espécies, seguido de *Hypoponera* com 18 espécies e *Solenopsis* com nove espécies. Das 116 espécies de formigas amostradas, 17 espécies foram coletadas exclusivamente no período diurno (14,65%), 15 espécies apenas no período noturno (12,93%) e 84 espécies em ambos os períodos (72,42%).

Para a área I (RPPN Reserva Natural Rio Cachoeira) tivemos um total de 81 espécies coletadas, pertencentes a 28 gêneros e nove subfamílias. O gênero mais rico foi *Pheidole* com 15 espécies, seguido de *Hypoponera* com 10 espécies e *Strumigenys* com seis espécies. Das 81 espécies de formigas amostradas, 12 espécies foram coletadas exclusivamente no período diurno (14,81%), 13 espécies no período noturno (16,04%) e 55 espécies (69,15%) em ambos os períodos.

Em relação a área II (AETI Marumbi - Mananciais da Serra) tivemos um total de 65 espécies coletadas, pertencentes a 27 gêneros e oito subfamílias. O gênero mais rico foi *Hypoponera* com 13 espécies, seguido de *Pheidole* com oito espécies e *Solenopsis* com sete espécies. Das 65 espécies de formigas amostradas, 11 espécies foram coletadas exclusivamente no período diurno (16,92%), sete espécies no período noturno (10,76%) e 49 espécies (75,38%) em ambos os períodos.

TABELA 1 – LISTA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS DE SERAPILHEIRA AMOSTRADAS NA ÁREA I (RPPN RESERVA NATURAL RIO CACHOEIRA) E ÁREA II (AETI MARUMBI – MANANCIAIS DA SERRA) NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO.

Táxons	Áreas de coletas		Distribuição temporal			
	Área I	Área II	Diurno Área I	Noturno Área I	Diurno Área II	Noturno Área II
Amblyoponinae						
<i>Stigmatomma armigerum</i> (Mayr, 1887)	X	X	X		X	X
<i>Stigmatomma elongatum</i> Santschi, 1912	X			X		
Dolichoderinae						
<i>Linepithema leucomelas</i> (Emery, 1894)	X		X	X		
Dorylinae						
<i>Cerapachys</i> sp 1		X			X	X
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	X	X	X	X		X
Ectatomminae						
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	X			X		
<i>Gnamptogenys horni</i> (Santschi, 1929)	X		X	X		
<i>Gnamptogenys pr mordax</i> Roger, 1863		X			X	X
<i>Gnamptogenys rastrata</i> (Mayr, 1866)	X	X	X		X	X
<i>Gnamptogenys reichenspergeri</i> (Santschi, 1929)		X			X	X
<i>Gnamptogenys</i> sp 1	X		X			
<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884	X	X	X	X	X	X
Formicinae						
<i>Acropyga decedens</i> (Mayr, 1887)	X			X		
<i>Acropyga fuhrmanni</i> (Forel, 1914)	X		X	X		
<i>Brachymyrmex delabie</i> Ortiz & Fernández, 2014 i	X		X	X		
<i>Brachymyrmex</i> sp 1	X	X	X	X	X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp 2	X	X	X	X	X	
<i>Camponotus</i> sp 1	X			X		
<i>Camponotus</i> sp 2		X			X	
<i>Nylanderia</i> sp 1	X		X	X		
<i>Nylanderia</i> sp 2	X	X	X	X	X	X
<i>Nylanderia</i> sp 3		X			X	X
Heteroponerinae						
<i>Heteroponera mayri</i> Kempf, 1962	X	X	X	X	X	X
<i>Heteroponera microps</i> Borgmeier, 1957	X	X		X	X	X
<i>Heteroponera panamensis</i> (Forel, 1899)	X		X	X		
Myrmicinae						
<i>Acanthognathus ocellatus</i> Mayr, 1887	X		X	X		
<i>Acanthognathus rudis</i> Brown & Kempf, 1969	X		X			
<i>Acanthognathus brevicornis</i> Smith, 1944	X		X			
<i>Acromyrmex</i> sp 1		X			X	X
<i>Apterostigma</i> sp 1	X	X		X	X	
<i>Apterostigma</i> sp 2	X			X		

Táxons	Áreas de coletas		Distribuição temporal			
	Área I	Área II	Diurno Área I	Noturno Área I	Diurno Área II	Noturno Área II
<i>Apterostigma</i> sp 3	X		X	X		
<i>Basiceros disciger</i> (Mayr, 1887)		X				X
<i>Crematogaster nigropilosa</i> Mayr, 1870	X		X			
<i>Crematogaster</i> sp 1	X		X	X		
<i>Crematogaster</i> sp 2	X			X		
<i>Cryptomyrmex boltoni</i> (Fernández, 2003)	X		X	X		
<i>Cyphomyrmex pr rimosus</i>	X		X			
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)	X	X	X	X	X	X
<i>Cyphomyrmex</i> sp 1		X				X
<i>Hylomyrma reitteri</i> (Mayr, 1887)	X	X	X	X	X	X
<i>Lachnomyrmex plaumanni</i> Borgmeier, 1957	X	X	X	X		X
<i>Megalomyrmex drifti</i> Kempf, 1961	X	X	X	X	X	X
<i>Megalomyrmex</i> sp 1		X			X	X
<i>Octostruma iheringi</i> (Emery, 1888)	X			X		
<i>Octostruma rugifera</i> (Mayr, 1887)	X	X	X	X	X	X
<i>Octostruma</i> sp 1		X			X	X
<i>Oxyepoecus punctifrons</i> (Borgmeier, 1927)		X			X	
<i>Oxyepoecus rastratus</i> (Mayr, 1887)		X			X	X
<i>Oxyepoecus pr rosai</i>	X		X	X		
<i>Pheidole angusta</i> Forel, 1908		X			X	X
<i>Pheidole dyctiota</i> Kempf, 1972		X			X	X
<i>Pheidole gertrudae</i> Forel, 1886	X		X			
<i>Pheidole pr aper</i>		X			X	X
<i>Pheidole sarcina</i> Forel, 1912		X			X	X
<i>Pheidole</i> sp 1	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp 2	X		X	X		
<i>Pheidole</i> sp 3	X		X			
<i>Pheidole</i> sp 4	X		X	X		
<i>Pheidole</i> sp 5	X		X	X		
<i>Pheidole</i> sp 6	X		X	X		
<i>Pheidole</i> sp 7	X			X		
<i>Pheidole</i> sp 8	X		X			
<i>Pheidole</i> sp 9	X		X	X		
<i>Pheidole</i> sp 10	X			X		
<i>Pheidole</i> sp 11	X		X	X		
<i>Pheidole</i> sp 12	X		X	X		
<i>Pheidole</i> sp 13	X		X	X		
<i>Pheidole</i> sp 14	X		X	X		
<i>Pheidole</i> sp 15		X			X	X
<i>Pheidole</i> sp 16		X			X	
<i>Pheidole</i> sp 17		X			X	

Táxons	Áreas de coletas		Distribuição temporal			
	Área I	Área II	Diurno Área I	Noturno Área I	Diurno Área II	Noturno Área II
<i>Rhopalothrix</i> sp 1		X			X	
<i>Solenopsis</i> sp 1	X		X	X		
<i>Solenopsis</i> sp 2	X		X	X		
<i>Solenopsis</i> sp 3	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp 4	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp 5	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp 6		X			X	X
<i>Solenopsis</i> sp 7		X			X	X
<i>Solenopsis</i> sp 8		X			X	
<i>Solenopsis</i> sp 9		X			X	X
<i>Stegomyrmex vizottoi</i> Diniz, 1990		X				X
<i>Strumigenys appretiata</i> (Borgmeier, 1954)	X	X	X	X	X	X
<i>Strumigenys crassicornis</i> Mayr, 1887	X	X	X	X	X	X
<i>Strumigenys denticulata</i> Mayr, 1887	X		X	X		
<i>Strumigenys elongata</i> Roger, 1863	X	X	X	X	X	
<i>Strumigenys louisianae</i> Roger, 1863		X			X	X
<i>Strumigenys schmalzi</i> Emery, 1906	X			X		
<i>Strumigenys subdentata</i> Mayr, 1887	X		X	X		
<i>Wasmannia lutzi</i> Forel, 1908	X	X	X	X	X	X
Ponerinae						
<i>Hypoponera foreli</i> (Mayr, 1887)	X		X	X		
<i>Hypoponera</i> sp 1	X		X	X		
<i>Hypoponera</i> sp 2	X			X		
<i>Hypoponera</i> sp 3	X	X	X	X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp 4	X		X	X		
<i>Hypoponera</i> sp 5	X	X	X	X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp 6	X	X	X	X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp 7	X	X	X	X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp 8	X		X			
<i>Hypoponera</i> sp 9	X	X	X	X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp 10		X			X	X
<i>Hypoponera</i> sp 11		X			X	
<i>Hypoponera</i> sp 12		X				X
<i>Hypoponera</i> sp 13		X			X	X
<i>Hypoponera</i> sp 14		X			X	X
<i>Hypoponera</i> sp 15		X			X	X
<i>Hypoponera</i> sp 16		X			X	X
<i>Hypoponera</i> sp 17		X			X	X
<i>Leptogenys</i> sp 1		X			X	
<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	X		X	X		
<i>Pachycondyla</i> sp 1	X	X	X	X	X	X

Táxons	Áreas de coletas		Distribuição temporal			
	Área I	Área II	Diurno Área I	Noturno Área I	Diurno Área II	Noturno Área II
<i>Pachycondyla</i> sp 2	X		X			
<i>Pachycondyla</i> sp 3	X	X	X	X	X	
Proceratiinae						
<i>Discothyrea neotropical</i> Bruch, 1919	X	X	X	X	X	X
<i>Discothyrea sexarticulata</i> Borgmeier, 1954	X		X	X		

Valores referentes a riqueza de espécies para área I e área II estão presentes na tabela 2.

TABELA 2 – RIQUEZA DE ESPÉCIES OBSERVADAS EM CADA UM DOS QUATRO GRUPOS DE AMOSTRAS PARA A ÁREA I E ÁREA II.

Grupo de amostras	Área 1	Área 2	Total Área 1	Total Área 2
Diurno, lado esquerdo	53	49	68	59
Diurno, lado direito	54	58		
Noturno, lado esquerdo	57	49	69	55
Noturno, lado direito	55	50		

3.2 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL EM FORMIGAS DE SERAPILHEIRA

As análises gráficas da distribuição dos valores de distância entre amostras para cada grupo de amostras, ou seja, comparações da distribuição dos valores de distância entre os quatro grupos de amostras (diurnas do lado direito, diurnas do lado esquerdo, noturnas do lado direito e noturnas do lado esquerdo), são apresentadas para a área I (FIGURA 3) e para a área II (FIGURA 4). Embora as amostras apresentem em geral valores médios a altos de distância, há uma grande sobreposição na amplitude de variação e mediana para todos os grupos de amostras avaliados, sugerindo que não há diferenças de composição entre amostras diurnas ou noturnas, do lado direito ou do lado esquerdo do transecto.

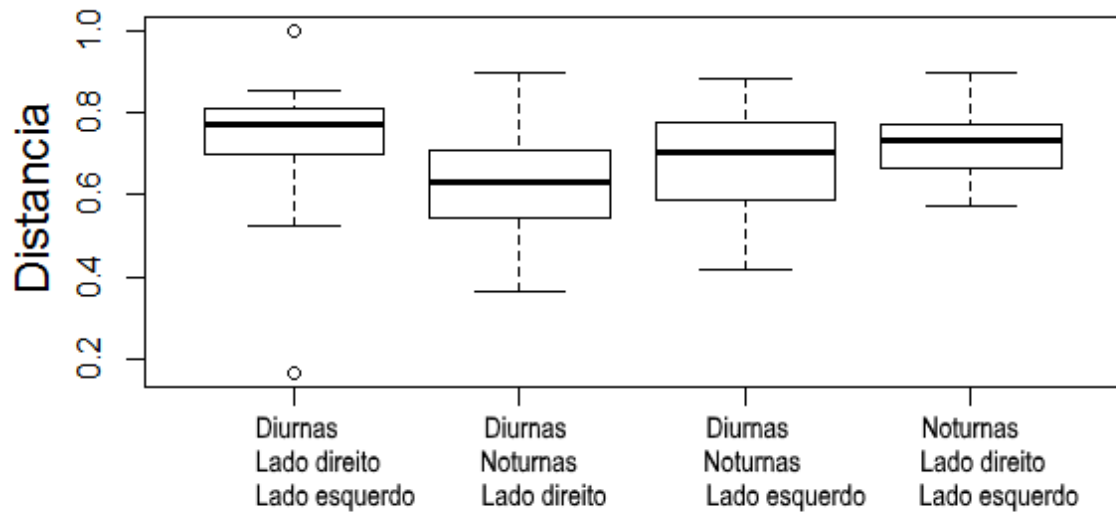


FIGURA 3 – *BOXPLOTS* DE COMPARAÇÕES ENTRE PERÍODOS (DIURNO E NOTURNO) E POSIÇÃO (LADO DIREITO E LADO ESQUERDO) DA FAUNA DE FORMIGAS DE SERAPILHEIRA PARA ÁREA I.

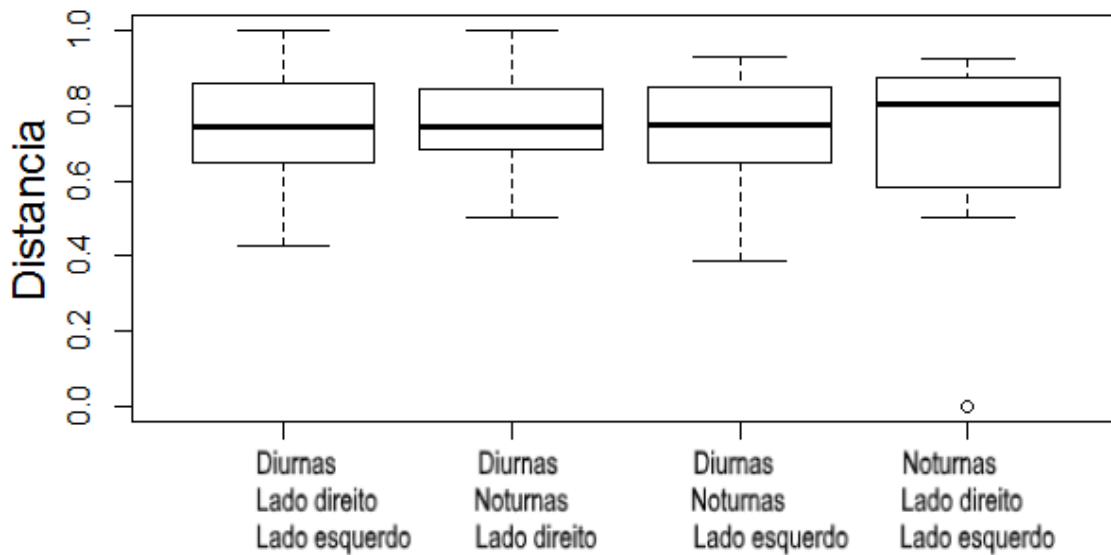


FIGURA 4 – *BOXPLOTS* DE COMPARAÇÕES ENTRE PERÍODOS (DIURNO E NOTURNO) E POSIÇÃO (LADO DIREITO E LADO ESQUERDO) DA FAUNA DE FORMIGAS DE SERAPILHEIRA PARA ÁREA II.

A ordenação (NMDS) para a área I resultou em um valor de stress de 0.21 (FIGURA 5). Percebe-se uma sobreposição das amostras dos subquadrantes dos períodos diurno e noturno. O mesmo ocorreu para a área II, para qual também temos um valor de stress de 0.21 (FIGURA 6).

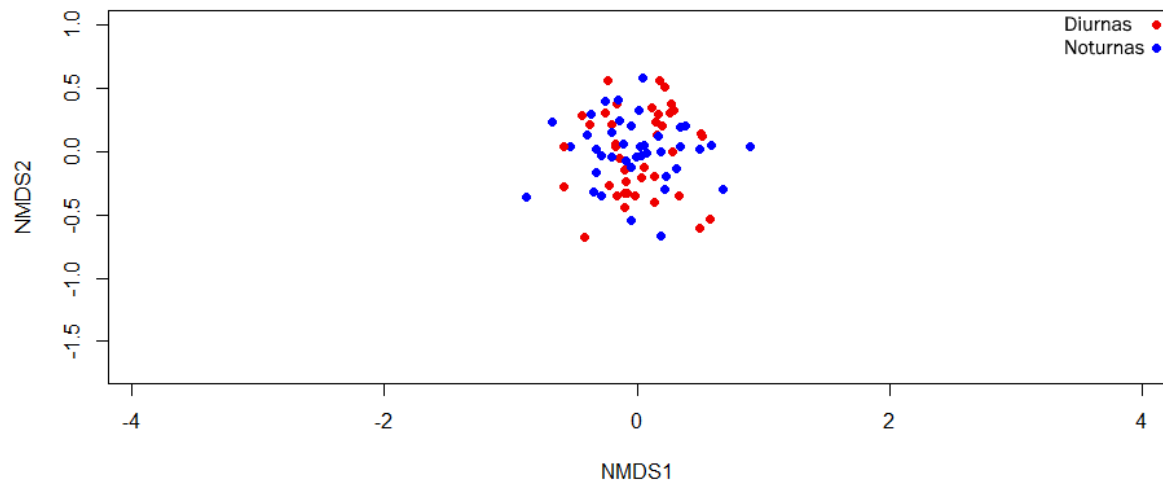


FIGURA 5 – GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DE ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO MÉTRICO (NMDS) DOS SUBQUADRANTES EM RELAÇÃO AO PERÍODO DE COLETA (DIURNO X NOTURNO) PARA ÁREA I, STRESS= 0.21.

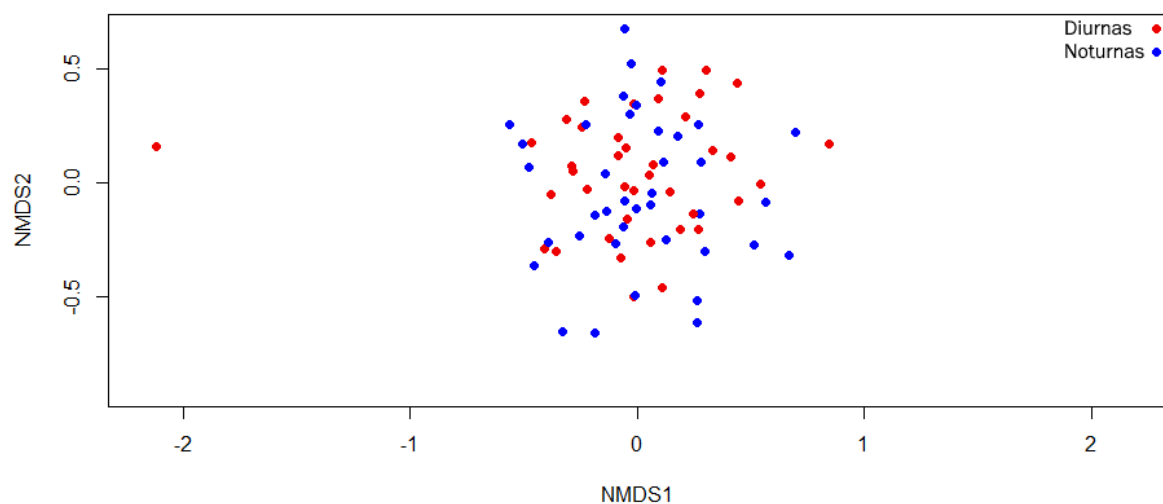


FIGURA 6 – GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DE ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO MÉTRICO (NMDS) DOS SUBQUADRANTES EM RELAÇÃO AO PERÍODO DE COLETA (DIURNO X NOTURNO) PARA ÁREA II, STRESS=0.21.

O teste de similaridade MRPP não detectou diferenças de composição de fauna entre amostras diurnas ou noturnas, do lado direito ou lado esquerdo do transecto para as duas áreas (Área I: Δ observado = 0.767, Δ esperado = 0.766; $p = 0.686$; Área II: Δ observado = 0.823, Δ esperado = 0.823, $p = 0.43$).

Da mesma forma, para as duas áreas, testes de similaridade ANOSIM indicam que não há diferenças de composição de fauna quando comparamos a posição do subquadrante (lado direito e lado esquerdo) e período de coleta (diurno e noturno) (TABELA 3). A hipótese de que amostras adjacentes diurnas e noturnas seriam mais dissimilares do que amostras de um mesmo período, mas de lado opostos do transecto, não foi aceita.

TABELA 3 – ANÁLISE DE DADOS DE SIMILARIDADE (ANOSIM) PARA PERÍODOS (DIURNO E NOTURNO) E POSIÇÃO DO SUBQUADRANTE (LADO DIREITO E LADO ESQUERDO) DA FAUNA DE FORMIGAS DE SERAPILHEIRA COLETADAS NA ÁREA I E ÁREA II.

	Período – Posição X Período – Posição	R	p
ÁREA I	diurno lado direito x noturno lado direito	-0.003	0.523
	diurno lado direito x noturno lado esquerdo	0.005	0.399
	diurno lado esquerdo x noturno lado direito	0.001	0.447
	diurno lado esquerdo x noturno lado esquerdo	0.019	0.256
ÁREA II	diurno lado direito x noturno lado direito	0.000	0.5
	diurno lado direito x noturno lado esquerdo	-0.007	0.592
	diurno lado esquerdo x noturno lado direito	-0.017	0.697
	diurno lado esquerdo x noturno lado esquerdo	0.004	0.123

Avaliamos os efeitos de espécies raras (somente um único indivíduo coletado) nos resultados das análises de composição e os resultados foram iguais aos obtidos para os dados com todas as espécies e, portanto, não serão apresentados.

3.3 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

A Análise Permutacional Multivariada da Variância usando matrizes de distâncias para a Área I sugere um efeito da temperatura e umidade relativa na composição de espécies, embora com baixos valores de R^2 no modelo testado. Período de coleta (TABELA 4) ou grupo da amostra (TABELA 5) não foram variáveis determinantes dos valores de distância entre as amostras. Diferentemente, análises

PERMANOVA para a Área II sugerem um efeito significativo somente da umidade relativa nos valores de distância entre amostras, mas com baixo coeficiente de determinação. Uma grande parte da variância nos valores de distância entre as amostras não é explicada pelo modelo. Semelhante aos resultados obtidos para a área I, o período de coleta (TABELA 7) ou grupo da amostra (TABELA 8) não foram variáveis determinantes dos valores de distância entre as amostras.

Análises para avaliar a relação entre as variáveis ambientais e distância entre as amostras, independentemente da localização das amostras na área I, sugerem que três modelos têm *ranks* parecidos em termos de correlação entre distância de composição e distância ambiental das amostras (TABELA 6). Testes de Mantel indicam uma significativa associação entre peso da serapilheira, temperatura, umidade relativa e composição de espécies nas amostras da Área I. Para a Área II, quatro modelos foram selecionados, mas todos com baixa correlação entre a distância de composição e distância ambiental (TABELA 9). Testes de Mantel sugerem apenas uma associação entre umidade relativa e composição faunística nas amostras, embora fraca.

TABELA 4 – MODELO DE ANÁLISE PERMUTACIONAL MULTIVARIADA DA VARIÂNCIA (PERMANOVA), TESTANDO O EFEITO DO PERÍODO DE COLETA (DIURNO E NOTURNO) E DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS VALORES DE DISTÂNCIA ENTRE AMOSTRAS PARA A ÁREA I.

	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F do Modelo	R²	Pr(>F)
Período de coleta	1	0.34	0.34	1.21	0.02	0.21
Temperatura	1	0.45	0.45	0.57	0.02	0.025
UR	1	0.45	0.45	1.57	0.02	0.030
Prof. média da serapilheira	1	0.26	0.26	0.91	0.01	0.59
Peso da serapilheira (Kg)	1	0.26	0.26	0.93	0.01	0.57
Resíduos	74	21.03	0.28	0.92		
Total	79	22.79	1			

TABELA 5 - MODELO DE ANÁLISE PERMUTACIONAL MULTIVARIADA DA VARIÂNCIA, (PERMANOVA), TESTANDO O EFEITO DO GRUPO DE AMOSTRAS (DIA LADO ESQUERDO, DIA LADO DIREITO, NOITE LADO DIREITO, NOITE LADO ESQUERDO), E DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS VALORES DE DISTÂNCIA ENTRE AMOSTRAS PARA A ÁREA I

	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F do Modelo	R²	Pr(>F)
Período de coleta	3	0.84	0.28	0.98	0.04	0.51
Temperatura	1	0.44	0.44	1.56	0.02	0.03
UR	1	0.45	0.45	1.57	0.02	0.02
Prof. média da serapilheira	1	0.25	0.25	0.88	0.01	0.67
Peso da serapilheira (Kg)	1	0.27	0.27	0.93	0.01	0.58
Resíduos	72	20.54	0.29	0.9		
Total	79	22.79	1			

TABELA 6 - RELAÇÃO ENTRE COMPOSIÇÃO DE FAUNA NAS 80 AMOSTRAS COLETADAS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS LOCAIS PARA A ÁREA I.

Modelo	Correlação	Teste de Mantel (Estatística r)	Significância Teste de Mantel
Peso da serapilheira (kg)	0.110	0.120	0.008
Temperatura + Peso da serapilheira (kg)	0.116	0.123	0.016
Temperatura + UR + Peso da serapilheira (kg)	0.114	0.125	0.005
Profundidade da serapilheira + Temperatura + Peso da serapilheira (kg)	0.059	0.072	0.075

TABELA 7 - MODELO DE ANÁLISE PERMUTACIONAL MULTIVARIADA DA VARIÂNCIA, TESTANDO O EFEITO DO GRUPO DE AMOSTRAS (DIA LADO ESQUERDO, DIA LADO DIREITO, NOITE LADO DIREITO, NOITE LADO ESQUERDO) E VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS VALORES DE DISTÂNCIA ENTRE AMOSTRAS PARA A ÁREA II.

	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F do Modelo	R²	Pr(>F)
Amostras	3	0.987	0.329	1.001	0.037	0.488
Temperatura	1	0.422	0.422	1.286	0.016	0.125
UR	1	0.576	0.576	1.754	0.021	0.01
Prof. média da serapilheira	1	0.231	0.231	0.707	0.008	0.892
Peso da serapilheira (Kg)	1	0.359	0.359	1.093	0.013	0.327
Resíduos	72	23.655	0.328	0.901		
Total	79	26.232		1.000		

TABELA 8. MODELO DE ANÁLISE PERMUTACIONAL MULTIVARIADA DA VARIÂNCIA (PERMANOVA), TESTANDO O EFEITO DO PERÍODO DE COLETA (DIURNO E NOTURNO) E VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS VALORES DE DISTÂNCIA ENTRE AMOSTRAS PARA A ÁREA II.

	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F do Modelo	R²	Pr(>F)
Período de coleta	1	0.398	0.398	1.216	0.015	0.207
Temperatura	1	0.422	0.422	1.290	0.016	0.133
UR	1	0.577	0.577	1.760	0.022	0.01
Prof. média da serapilheira	1	0.231	0.231	0.707	0.008	0.870
Peso da serapilheira (Kg)	1	0.344	0.344	1.04	0.013	0.408
Resíduos	74	24.25	0.327	0.927		
Total	79	26		1.000		

TABELA 9 - RELAÇÃO ENTRE COMPOSIÇÃO DE FAUNA NAS 80 AMOSTRAS COLETADAS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS LOCAIS PARA A ÁREA II.

Modelo		Correlação	Teste de Mantel (Estatística r)	Significância Teste de Mantel
UR		0.062	0.072	0.040
Temperatura + UR		0.037	0.043	0.133
Profundidade da serapilheira + Temperatura + UR		0.017	0.020	0.323
Profundidade da serapilheira + Temperatura + Peso da serapilheira		-0.036	-0.022	0.679

Além da contribuição principal deste trabalho em relação aos padrões de atividades de formigas, também temos novos registros de nove espécies para o estado do Paraná (TABELA 10), ampliando significativamente o conhecimento a respeito da mirmecofauna do estado e da região Sul do Brasil. Em adição, reportamos aqui o primeiro registro do gênero *Rhopalothrix* no estado. Este gênero é considerado raro, embora seja conhecido por 16 espécies, e está presente no solo e na serapilheira de florestas úmidas (LONGINO & BOUDINOT, 2013). Neste trabalho expandimos a sua distribuição para o Brasil.

TABELA 10 – LISTA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS COLETADAS NAS ÁREAS I E II QUE REPRESENTAM OS PRIMEIROS REGISTROS PARA O ESTADO DO PARANÁ, BRASIL.

Subfamília	Espécies
Ectatomminae	<i>Gnamptogenys horni</i> (Santschi, 1929)
Formicinae	<i>Brachymyrmex delabie</i> Ortiz & Fernández, 2014 <i>i</i>
Heteroponerinae	<i>Heteroponera panamensis</i> (Forel, 1899)
Myrmicinae	<i>Crematogaster nigropilosa</i> Mayr, 1870 <i>Octostruma iheringi</i> (Emery, 1888) <i>Pheidole angusta</i> Forel, 1908 <i>Pheidole dyctiota</i> Kempf, 1972 <i>Pheidole sarcina</i> Forel, 1912 <i>Rhopalothrix</i> sp 1

4 DISCUSSÃO

4.1 RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES

Os resultados obtidos estão de acordo com trabalhos anteriores que demonstram que os gêneros mais amostrados na região Neotropical, quando a técnica utilizada para coleta é o extrator de Winkler, são *Hypoponera*, *Pheidole*, *Strumigenys* e *Solenopsis* (WARD, 2000).

Pertencente à família Ponerinae, o gênero *Hypoponera* é encontrado somente no solo ou sob a superfície do solo. Este gênero ocorre em todas as regiões do globo (exceto Antártida) (SCHMIDT & SHATTUCK, 2011). As espécies são consideradas predadoras de outros artrópodes. Entretanto, dados sobre a biologia desse grupo ainda são escassos. *Pheidole* é considerado um dos gêneros hiperdiversos em Formicidae, com cerca de 1000 espécies conhecidas para o mundo (WILSON, 2003). As suas espécies ocupam diversos habitats e estratos, principalmente a serapilheira. Distribuídas por várias regiões do mundo, as espécies de *Solenopsis* são predominantemente onívoras, algumas apresentam colônias grandes e recrutamento massivo. Já as espécies de *Strumigenys*, em geral, são pequenas e constroem seus ninhos na serapilheira, solo ou em troncos podres. São consideradas predadoras especializadas e caçam principalmente colêmbolos e outros pequenos artrópodes (HOLLDÖBLER & WILSON, 1990; BOLTON 1999)

Embora sejam gêneros diversos e cosmopolitas, a dificuldade para identificar as espécies destes gêneros é muito grande. Vários esforços locais e regionais foram e ainda estão sendo realizados para a delimitação de espécies, produção de chaves taxonômicas e também para entender a biologia e comportamento dos grupos. Para este trabalho, quando possível, utilizamos as ferramentas disponíveis (literatura e Internet) para identificação das espécies pertencentes a esses grupos, além do conhecimento de especialistas.

4.2 COMPOSIÇÃO DA FAUNA DE FORMIGAS DE SERAPILHEIRA E VARIAÇÃO TEMPORAL (DIÁRIA)

Os resultados deste estudo mostram que não ocorre uma separação temporal (diária) da fauna quando avaliamos os quatro grupos de amostras (diurnas do lado direito, diurnas do lado esquerdo, noturnas do lado direito e noturnas do lado esquerdo). Anotações realizadas durante o processamento do material já indicavam que várias espécies foram amostradas em ambos os períodos, o que foi confirmado em todas as análises de composição de fauna. A ausência de diferenças entre as amostras diurnas e noturnas pode provavelmente refletir uma característica do uso da técnica de Winkler: as amostras retiram parte do ambiente onde as espécies vivem e, conseqüentemente, extraem todas as espécies independentemente do período de atividade. Nesse caso, a técnica está adequadamente amostrando todas as espécies da serapilheira, independente do período do dia adotado para coleta.

A ausência de um efeito do período (diurno ou noturno) nas análises pode também ser o resultado de vários processos que atuam em conjunto e caracterizam a fauna de formigas de serapilheira como um segmento altamente complexo em termos de dinâmica de riqueza e composição de fauna. A competição interespecífica também pode afetar a estrutura da comunidade e a diversidade de espécies de formigas (ANDERSEN & PATEL, 1994; CERDÁ *et al.*, 2013)

Alguns estudos têm mostrado que mosaicos podem ser encontrados na serapilheira, caracterizado pela interação entre dois grupos de formigas de guildas diferentes; sendo que um destes grupos compreenderia as formigas que habitam o solo (de comportamento críptico e que interagem entre si) e no outro, um grupo teríamos as formigas arborícolas de comportamento mais agressivo que podem eventualmente forragear no solo durante condições desfavoráveis, e dominariam as espécies do primeiro grupo, causando alterações na composição de espécies que residem no solo (DELABIE *et al.*, 2000). Analisar a variação temporal utilizando guildas como modelos, pode ser outro método para testar diferenças na composição de fauna de formigas de serapilheira nos períodos diurno e noturno. Tal abordagem seria facilitada pela existência de uma proposta de classificação objetiva de guildas com base em atributos morfológicos e comportamentais aplicada especialmente às formigas de serapilheira da Mata Atlântica (SILVA & BRANDÃO, 2010).

Não podemos afirmar com precisão se todos os grupos coletados neste estudo são espécies residentes da serapilheira, principalmente considerando as espécies que ainda não foram descritas, muitas das quais tratadas aqui como morfoespécies) ou seja, são desconhecidas da comunidade científica. Desta forma, algumas espécies consideradas nas análises podem enviesar ou mascarar os resultados. Entretanto, se o trabalho fosse conduzido somente com as espécies que apresentam a biologia conhecida, reduziríamos os dados para uma amostragem mínima e, novamente, ao invés de toda a comunidade ser analisada, trabalharíamos somente com casos específicos e recorrentes na literatura, alimentando um ciclo pouco informativo e fugindo do escopo principal deste trabalho.

4.3 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Quando analisamos individualmente a área I, percebemos que a temperatura e a umidade exercem mais efeito na composição de espécies do que as variáveis período de coleta ou grupo de amostra. As variações microclimáticas podem causar alterações na estrutura de comunidade de formigas (RETANA & MANZANEDA, 1998). Fatores ambientais como a estrutura da vegetação (FEWELL, 1988), abundância de recursos (STEINBERGER *et al*, 1991), e temperatura (WILLIAMS, 1999) também podem influenciar no forrageamento das formigas. A distribuição e riqueza de formigas em escalas locais podem ser influenciadas também pelo declive e topografia, que influenciam o acúmulo de serapilheira e a drenagem do solo (VASCONCELOS *et al.*, 2003).

Padrões de atividade de colônias podem depender de fatores abióticos como temperatura e umidade relativa (DEAN, 1992). Além disso, intensas chuvas podem ocasionar interferência no processo de comunicação entre as formigas, pois as trilhas deixadas por esses organismos desaparecem (KASPARI, 2000). Este foi o caso durante uma parte significativa da coleta realizada na área I. Abundância sazonal de formigas relaciona-se diretamente com o regime de chuvas, sendo que algumas espécies podem ser mais afetadas do que outras (WHITFORD, 1978).

Espécies de formigas apresentam preferências distintas em relação à profundidade de serapilheira. Entretanto, essas diferenças são geralmente discretas (KASPARI, 1996) e possivelmente outros fatores, como a luminosidade (relacionada

à abertura de dossel) (KAPOS *et al.*, 1997), também podem auxiliar nas explicações sobre mudanças na composição de espécies.

A estrutura da comunidade de formigas de serapilheira é dependente de fatores como o clima, formação e tipo de solo, formação vegetal e também da diversidade de microhabitats (SCHOWALTER & SABIN, 1991). Esperava-se uma correlação entre a profundidade de serapilheira e a riqueza de espécies (NAKAMURA *et al.*, 2003). Entretanto, essa relação não foi encontrada aqui. A composição da serapilheira, no caso a variação na forma tamanho e quantidade de folhas, galhos, flores e frutos pode ter maior efeito sobre a diversidade de formigas do que a profundidade da serapilheira em si (PEREIRA *et al.*, 2007). Para esse estudo, não levamos em consideração a diversidade dos componentes que formam a serapilheira, apenas a profundidade foi medida.

Considerando os fatores físicos e abióticos que funcionam como agentes transformadores da comunidade e determinam a abundância e diversidade de formigas e de outros artrópodes de solo, as diferenças observadas quanto a influência das variáveis na dissimilaridade das amostras entre as duas áreas de estudo são muito provavelmente fruto das características distintas de ambas as localidades.

5 CONCLUSÃO

Procurou-se nesse estudo analisar as diferenças nos padrões de atividade de formigas de serapilheira nos períodos diurno e noturno em duas áreas de Floresta Atlântica. Este é um tema que ainda divide muitas opiniões entre especialistas em ecologia de organismos de solo, especialmente na Mirmecologia, principalmente porque aborda a complexidade das estratégias de forrageamento das espécies que residem na serapilheira e também características deste estrato do ambiente. Buscamos testar com várias ferramentas a melhor maneira de explorar nossos dados e conseguimos um resultado satisfatório que indicasse quais seriam os padrões de atividades de formigas de serapilheira em períodos distintos para áreas de Floresta Atlântica. Embora nossos dados apontem para a inexistência de uma separação temporal diária entre espécies de formigas, ainda são necessários estudos mais minuciosos quando analisamos a comunidade de formigas da serapilheira, especialmente levando em consideração análises do ponto de vista de grupos funcionais e uma eventual estratificação vertical dos organismos epigéicos. Lidar com a diversidade e heterogeneidade das atividades de formigas de serapilheira é algo que envolve estudo de diferentes áreas de conhecimento. Porém, ressaltamos que este foi o primeiro trabalho que tratou de toda uma assembleia de formigas presentes na serapilheira, com potencial para representar uma grande contribuição para o estudo de ecologia de comunidades de formigas em ambientes de floresta.

REFERENCIAS

- AGOSTI D.; MARYATI, M. & ARTHUR, C.Y.C. **Has the diversity of tropical ant fauna been underestimated? An indication from leaf litter studies in a West Malaysian rain forest.** *Tropical Biodiversity*, v. 2, p. 270-275, 1994.
- AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity.** Smithsonian Institution Press, Washington D.C., USA, p. 280, 2000.
- AGOSTI, D. & ALONSO, L.E. **The ALL Protocol: a standard protocol for the collection of ground-dwelling ants.** *Anet Newsletter*, v. 3, p. 811, 2001.
- ALBRECHT, M. & GOTELLI, N.J. **Spatial and temporal niche partitioning in grassland ants.** *Oecologia*, v.126, p.134-141, 2001.
- ANDERSON M.J. **A new method for non-parametric multivariate analysis of variance.** *Austral Ecology*, v. 26, p. 32–46, 2001.
- ASCHOFF, J. **Circadian Activity Pattern with two Peaks.** *Ecology*, v. 47, p. 657-662, 1965.
- BERG, M. P.; KNIESE, J, P.; BEDAUX, J. J. M. & VERHOEF, H. A. **Dynamics and stratification of functional groups of micro and mesoarthropods in the organic layer of a Scots pine forest.** *Biol. Fertil Soils*, v. 26, p. 268-284, 1998a.
- BERG, M.P.; KNIESE, J. P. & VERHOEF, H. A. **Dynamics and stratification of bacteria and fungi in the organic layers of a Scots pine forest soil.** *Biol. Fertil Soils*, v. 26, p. 313-322, 1998b.
- BESTELMEYER, B.T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L.E.; BRANDÃO, R.F., BROWN, J.R W.L.; DELABIE, J.H.C.& SILVESTRE, R. **Field techniques for the study of ground-dwelling ants: An overview, description, and evaluation.** In: Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR, Editors. *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity.* Smithsonian Institution Press, p. 122-144, 2000.
- BLOCH, G. **Plasticity in the circadian clock and the temporal organization of insects societies,** In “Organization of Insect Societies: From genome to sociocomplexity” (GADAU, J. & FEWELL, J. eds.), Harvard University Press, Cambridge, p. 402-432 2009.
- BOLTON, B. **Ant genera of the tribe Dacetonini (Hymenoptera: Formicidae).** *Journal of Natural History*, v.33, p.1639-1689, 1999.
- BOLTON, B. **An online catalog of the ants of the world.** Disponível em <<http://antcat.org>> Acesso em 15/01/2016.
- CERDÁ, X.; RETANA, J. & MANZANEDA, A. **The role of competition by dominants and temperature in the foraging of subordinate species in Mediterranean ant communities.** *Oecologia*, v. 117, n. 3, p. 404-412, 1998.
- CHAMBERS, J.M.; CLEVELAND, W.S.; KLEINER, B. & TUKEY, P.A. **Graphical methods for data analysis.** Chapman and Hall/CRC, p. 336, 1983.

CLARKE, K.R.; WARWICK, R. M. **Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. Plymouth Marine Laboratory. 2ed., p. 859, 2001.

DEAN, W.R.J. **Temperatures determining activity patterns of some ant species in the southern Karoo, South Africa**. Journal of the Entomological Society of southern Africa, v. 55, n. 1, p. 149-156, 1992.

DELABIE, J.H.C.; AGOSTI, D.; NASCIMENTO, I.C. **Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region**. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.T.; SCHULTZ, T. (eds) Sampling ground-dwelling ants: case studies from the World's Rain Forest. Curtin University, School of Environmental Biology Bulletin 18, Perth, Australia, v.18, p.1-17, 2000.

DIAS, H. C. T. & FILHO, A. T. O. **Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de florestas estacional semidecídua montana em Lavras, Minas Gerais**. Rev. Arv., v. 21, n.1, p.11-26, 1997.

EBAN-ROTHSCHILD, A. & BLOCH, G. **Social influences on circadian rhythms and sleep in insects**. Advances in Genetics, v. 77, p.1-32, 2012.

ETTEMA, C. H. & WARDLE, D, A. **Spatial soil ecology**. Trends Ecol. Evol., v. 17, p.177-183, 2002.

FALCÃO, J.C.F.; DÁTILLO, W. & IZZO, T.J. **Temporal variation in extrafloral nectar secretion in different ontogenic stages of the fruits of *Alibertia verrucosa* S. Moore (Rubiaceae) in a Neotropical savanna**. Journal of Plant Interactions, v. 9, p. 137-142, 2014.

FELLERS, J.H. **Daily and seasonal activity in woodland ants**. Oecologia. v. 78, n.1, p. 69-76, 1989.

FEWELL, J.H. **Energetic and time costs of foraging in harvester ants, *Pogonomyrmex occidentalis***. Behavioral Ecology and Sociobiology, v. 22, n. 6, p. 401-408, 1988.

FISCHER, B. L. **Improving inventory efficiency: a case study of leaf litter ant diversity in Madagascar**. Ecological Society of America, v. 9, n. 2, p. 714-731, 1999.

FITTKAU, H & KLINGE, E.J. **On Biomass and Trophic Structure of the Central Amazonian Rain Forest Ecosystem**. Biotropica, v. 5, p. 2-14, 1973.

GREENSLADE, P.J.M. **Sampling ants with pitfall traps: digging-in effects**. Insectes Sociaux, v. 20, n .4, p .342-353, 1973.

HÖLLDOBLER, B., & WILSON, E. O. **The ants**. Harvard University Press. 1990

HUNT, J.H. **Temporal activity patterns in two competing ant species (Hymenoptera: Formicidae)**. Psyche, v. 81, n. 2 p. 237-242, 1974.

IAP. **Dados sobre RPPN no estado do Paraná**. Disponível em <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1232>>, Acesso em: 20/11/2015.

ITINO, T. & YAMANE, S. **The vertical distribution of ants on canopy trees in a Bornean lowland rain forest**. Tropics, v. 4(2/3), p. 277-281, 1995.

- KAPOS, V.; WANDELLI, E.; CAMARGO, J. L. & GANADE, G. **Edge-related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in central Amazonia. Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities.** University of Chicago Press, Chicago, 101, 33-44, 1997.
- KASPARI, M. 1996. **Testing resource-based models of patchiness in four Neotropical litter ant assemblages.** *Oikos* 76: 443-454.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. **Numerical ecology: second English edition. Developments in environmental modelling,** v. 20, 1998.
- LONGINO, J. T.; CODDINGTON, J & COLWELL, R. K. **The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways.** *Ecology*, v. 83., p. 689-702, 2002
- LONGINO, J. & BOUDINOT, B. **New species of Central American Rhopalothrix Mayr, 1970 (Hymenoptera, Formicidae).** *Zootaxa*, v. 3616, n. 4, 2013.
- LYNCH, J.F.; BALINSKY, E.C. & VAIL, S.G. **Foraging patterns in three sympatric forest ant species, *Prenolepis imparis*, *Paratechina melanderi* and *Aphaenogaster rudis* (Hymenoptera: Formicidae) in Anne Arundel County, Maryland.** *Ecol. Entomo.*, v. 5, p. 353–371, 1980.
- MCCLUSKY, E.S, NEAL, J.S. **Hour versus temperature in ant species diversity in field rhythm.** *Psyche*, v. 97, p. 65–74, 1990.
- MCCUNE, B.; GRACE, J.B.; URBAN, D.L. **Analysis of ecological communities.** Glenden Beach, OR: MjM software design, 2002.
- MORELLATO, L.P.C. **Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi.** In: L.P.C. MORELLATO and H. LEITÃO FILHO (eds.), *História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil.* São Paulo, Editora da Unicamp e Fapesp, p. 98-107, 1992.
- NAKAMURA, A. H.; PROCTOR, H. & CATTERALL, C. P. **Using soil and litter arthropods to assess the state of rainforest restoration.** *Ecol. Manag. And Rest.*, v. 4, p. 20-28, 2003.
- OKSANEN, J.; BLANCHET, G.F.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P.R.; O'HARA, R.B. ; SIMPSON, G.L. ; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H. & WAGNER, H. **Vegan: Community Ecology Package.** R package version 2.3-2. Disponível em <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>, Acesso em: 03/02/2016.
- OLIVEIRA, P.S.; RICO-GRAY, V.; DIAZ-CASTELAZO, C. & CASTILLO-GUEVARA, C. **Interaction between ants, extrafloral nectaries and insect herbivores in Neotropical coastal sand dunes: herbivore deterrence by visiting ants increases fruit set in *Opuntia stricta* (Cactaceae).** *Functional Ecology*, v. 13, p. 623-631, 1999.
- ORSOLON-SOUZA, G.; ESBÉRARD, C.E.L.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; VARGAS, A.B.; VEIGA-FERREIRA, S. & FOLLY-RAMOS, E. **Comparison between Winkler's extractor and pitfall traps to estimate leaf litter ants richness (Formicidae) at a rainforest site in southeast Brazil.** *Braz. J. Bio.*, v. 71, n.4, 2011.
- PARR, C.L. & CHOWN, S.L. **Inventory and bioindicator sampling: testing pitfall and Winkler methods with ants in South African savanna.** *J. Insect Conserv.*, v. 5, p. 27-36, 2001.

- PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L. & MCMAHON, T.A. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification**. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, v.11, p.1633-1644, 2007.
- 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*, v. 17, p. 197-204, 2007.
- R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015.
- RETANA, J. & CERDÁ, X. **Patterns of diversity and composition of Mediterranean ground ant communities tracking spatial and temporal variability in the thermal environment**. *Oecologia*, v. 123, n.3, p. 436-444, 2000
- RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S. & HATSCHBACH, G. G. **As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil**. *Ciência & Ambiente*, v. 24, p. 75-92, 2002.
- SCHMIDT, C.A. & SHATTUCK, S. O. **The higher classification of the ant subfamily Ponerinae (Hymenoptera: Formicidae), with a review of ponerine ecology and behavior**. *Zootaxa*, v. 3817, n. 1, p. 1-242, 2014.
- SCHOENER, T. **The compression hypothesis and temporal resource partitioning**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 71, n.10, p. 4169-4172, 1974.
- SCHOWALTER, T.D. & SABIN, T. E. **Serrapilheira microarthropod responses to the canopy herbivory, season and decomposition in serapilheira bags in a regenerating conifer ecosystem in Werstern Oregon**. *Biology and Fertility of soils*, Firenze, v. 1, p-93-96, 1991.
- SILVA, R.R. & BRANDÃO, C.R.F. **Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages**. *Ecological Monographs*, v. 80, p. 107-124, 2010.
- SUAREZ, A.W.; BOLGER, D.T. & CASE, T.J. **Effects of fragmentation and invasion on native ant communities in costal southern California**. *Ecology*, v. 79, p. 2041–2056, 1998.
- VASCONCELOS, H. L.; MACEDO, A. C. C. & VILHENA, J. M. S. **Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in a Amazonian forest**. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, v. 38, 2003.
- VALONE, T.J.; BROWN, J.H. & HESKE, E.J. **Interactions between rodents and ants in the Chihuahuan Desert: an update**, *Ecology*, v. 75, n1, p. 252–255, 1994.
- WALL, D.H. & MOORE, J.C. **Interactions underground**. *BioScience*, v. 49, p. 109-107, 1999.
- WARD, P.S. **Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities**. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Tennant de Alonso, L. & Schultz, T. (Eds.), *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for ground living ants*. Smithsonian Institution Press, Washington, p. 99-121, 2000.

WETTERER, J.K. & SNELLING, G.C. **Geographic distribution of *Labidus coecus* (Latr.)(Hymenoptera, Formicidae), a subterranean army ant.** Journal of Hymenoptera Research, v. 44, p. 31-38, 2015

WHITFORD, W.G. **Foraging in seed-harvester ants *Progonomyrmex* spp.** Ecology, p. 185-189, 1978.

WHITFORD, W.G.; DEPREE, D.J.; HAMILTON, P. & ETTERS HANK, G. **Foraging ecology of seed-harvesting ants, *Pheidole* spp., in a Chihuahuan Desert ecosystem.** Am. Midl. Nat., v. 105, p. 159–167, 1981.

WILSON, E. O. **Some ecological characteristics of ants in New Guinea rain forests.** Ecology, v. 40, n. 3, p. 437- 447, 1959.

WILSON, E. O. **The insect societies.** Cambridge, Harvard Univ. Press. 548 p, 1971.

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