

**CRISTIAN LUAN KLUNK**

**COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE FORMIGAS EM UMA ÁREA  
DO PARQUE NACIONAL DE SÃO JOAQUIM, SUL DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Benedito  
Cortês Lopes.

Co-orientador: Msc. Félix  
Baumgarten Rosumek.

**Florianópolis**

**2016**



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais Silvia e Huberto, por todo o apoio desde minha escolha pela Biologia até agora, tornando as coisas mais fáceis apesar da distância, permitindo que eu me dedicasse inteiramente ao curso e à pesquisa.

Ao meu orientador, professor e incentivador Benedito Cortês Lopes, acima de tudo um dos melhores amigos que fiz durante a graduação. Obrigado pela oportunidade de conhecer o fantástico mundo das formigas, a dedicação para fornecer as melhores condições para a realização dos meus trabalhos no laboratório e, acima de tudo, a paciência e o tempo gasto junto comigo desde os primeiros e vacilantes passos com os alfinetes entomológicos e chaves dicotômicas.

Ao meu amigo, Mestre, parceiro de Simpósios e de quebra co-orientador, Félix! Obrigado por mostrar os tortuosos caminhos para usar as mais temidas chaves dicotômicas mirmecológicas que já precisei (ou ao menos por chorar junto comigo). Pelo incentivo de sempre me fazer buscar um algo a mais nos nossos trabalhos e ver a Ecologia com outros olhos. Por estar sempre à disposição para tirar as dúvidas mais esdrúxulas até resolver os problemas mais desafiadores, mesmo com a distância (e que distância) dos últimos meses de condução desse projeto. Félix, Vielen Dank!

Obrigado ao Programa de Educação Tutorial (PET), pelos mais de três anos de oportunidades, experiências, vivências, ensinamentos e incentivos para meu crescimento pessoal e acadêmico, mas acima de tudo pelas pessoas com quem pude trabalhar e amizadas que foram consolidadas. Assim, obrigado Fabi, Mi, Kaka, Gubert, Had e demais petianos ou ex petianos, além do grande (literalmente) parceiro e tutor, Cipó, vulgo Renato.

Porém toda essa experiência de petiano não seria possível sem a pessoa que mais simboliza o PET Biologia e o conduziu tão exemplarmente por tanto tempo. Muito obrigado Tânia, pela forma com que nos conduziu nesses três anos de tutoria que pude presenciar, pelos conselhos, incentivos, ideias, os tão necessários puxões de orelha, por estar sempre à disposição, inclusive após seu desligamento, me auxiliando com a estatística e tantas outras situações em que eu precisei recorrer a você. Entretanto, meu maior agradecimento reside na pessoa que você é, que tenho certeza que faz e continuará fazendo com que você seja lembrada por tantos de nós.

Muito obrigado ao PPBio da Mata Atlântica, por fornecer a estrutura e apoio financeiro para a realização desse trabalho, especialmente aos Profs. Selvino e Pinho e à Kika e Carol pela condução do projeto aqui em Santa Catarina, além do Michel Omena e outros funcionários do ICMBIO de Urubici e do Parque Nacional de São Joaquim, que sempre nos receberam muito bem.

Quero agradecer de maneira especial todos e todas que em algum momento me auxiliaram nas minhas coletas: novamente meu pai Huberto, Félix, Brunão, Bruninho, Daniel, Juliana, Vitor e claro, Fred, mais que um parceiro de laboratório, um grande amigo que a graduação me proporcionou.

Obrigado também à Karla e Walter, por estarem sempre dispostos a ajudar em tudo que precisei para meu trabalho.

Ao corredor mais animado do ECZ, por todos os cafés e conversas, obrigado Cris, Bogoni, Cecília, Bar e Vitor novamente. Mais ainda, obrigado Bar e Vitor por todo o auxílio com análises, gráficos e tantas outras dúvidas que acabei recorrendo a vocês.

Obrigado Rafael e Prof. Pedro Fiaschi, por auxiliarem em minhas dúvidas quanto à parte botânica do trabalho, desde o projeto até aqui.

Um agradecimento especial ao Eduardo, por toda a paciência e disposição para me auxiliar nas análises estatísticas e conduzi-las quando isso se fez necessário, além das contribuições para a escrita desse trabalho.

Não posso deixar de mencionar os meus amigos da UFPR, que se dispuseram a nos receber em Curitiba para revisar nossas identificações, dedicando grande parte de suas agendas para nos ajudar de forma extremamente competente e com muito bom humor. Obrigado Prof. Rodrigo Feitosa por abrir as portas do seu laboratório e dispor de seu tempo para verificar algumas das mais belas formigas da serra catarinense. Igualmente, Prof. John Lattke, Mayron, Thiago e Alexandre pela disponibilidade, recepção e dedicação para identificar e revisar todos os espécimes que eu levei na bagagem.

Obrigado aos professores Dr. Luiz Carlos Pinho, Dr. Fábio Daura Jorge e ao Dr. Pedro Giovâni por aceitarem fazer parte da minha banca de avaliação de TCC e contribuir para a finalização desse trabalho.

Esse estudo é o resultado de muita dedicação de inúmeras pessoas, sendo eu apenas o responsável por torná-lo público. Mesmo com tantas opções mais acessíveis e talvez menos dispendiosas, escolhi a biologia como meu curso e carreira para a vida. Isso devido ao meu carinho pela ciência e por pensar que ela é capaz de responder meus questionamentos acerca da vida. Porém não cheguei a esses pensamentos sozinho, a ciência

tentou contato comigo por várias formas desde minha infância, mas uma pessoa em especial me trouxe para dentro desse mundo e me incentivou a manter minha curiosidade, a não interpretar como algo estúpido os questionamentos mais triviais de uma criança, mas que são desencorajados pelos “adultos” ao nosso redor.

Por isso, quero dedicar meu último agradecimento a uma pessoa que dedicou sua vida a tentar responder esses questionamentos através da ciência, de maneira séria e competente, que não se escondeu na sua sala de trabalho, mas se virou para o mundo, a fim de mostrar a leigos como eu e inúmeras outras pessoas da minha e de outras gerações, como a ciência torna o mundo e nosso universo mais esplêndidos, porém incrivelmente naturais!

Muito obrigado Carl Sagan, você abriu meus olhos para a ciência, me alertou da escuridão de um mundo assombrado pelos demônios, mostrou as mais belas luzes do Cosmos, mas abriu minha mente para a vida que se mantém nesse pálido ponto azul. Essa mensagem não chegará a você, seus átomos já estão vagando pelo solo da Terra e num futuro distante se espalharão pelo universo, mas certamente sua mensagem segue viva e será ouvida até o fim da humanidade.



*“Imagination will often carry us to worlds that never were. But without it, we go nowhere.”*

(Carl Sagan)

*“O universo não é nem benigno, nem hostil, mas meramente indiferente ao que concerne a nós, criaturas insignificantes.”*

(Cosmos - Carl Sagan)

*“No! We'll never fall we're the masters of the world”*

(Masters of the world - Sabaton)





## RESUMO

Foi realizado um levantamento de formigas no Parque Nacional de São Joaquim, localizado na região serrana do estado de Santa Catarina, a fim de gerar uma listagem de espécies e avaliar a relação entre a composição e riqueza de espécies de formigas com as formações vegetais amostradas e os métodos de coleta empregados. Dois períodos de coleta foram conduzidos, um em março de 2014 e outro em fevereiro de 2015. As coletas foram conduzidas num módulo retangular de 5 km de comprimento por 1 km de largura, que possui dez parcelas de 250 m de comprimento. Em cada parcela, cinco pontos amostrais foram delimitados, afastados 50 m entre si. Em cada ponto amostral, três métodos de amostragem foram empregados sempre que possível: mini extrator de Winkler, *pitfall* de solo e arbóreo. Cada método permaneceu em funcionamento por 48 h. Tais pontos amostrais estão inseridos em ambiente de Mata Atlântica, sendo amostradas as formações Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana e Campos do Planalto. Um total de 60 espécies e morfoespécies de formigas foi amostrado, pertencentes a nove subfamílias e 23 gêneros. Myrmicinae foi a subfamília mais diversa, com 36 espécies amostradas, seguida de Formicinae com 10 e Ponerinae com cinco. As Análises de Coordenadas Principais mostraram que há relação entre a composição de espécies de formigas e as formações vegetais, bem como com os métodos de coleta empregados. As curvas do coletor indicaram que não há diferença na riqueza observada entre formações vegetais. Os *pitfalls* de solo e mini extratores de Winkler se mostraram metodologias de coleta complementares, embora as curvas de acumulação de espécies tenham indicado uma diferença de riqueza em favor do uso dos mini extratores de Winkler em ambiente de mata.

Palavras chave: Campos do Planalto; Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana; Formicidae; inventário; Mata Atlântica; *pitfalls*; Serra Geral; Winkler.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	19
3.2 PROCEDIMENTOS DE CAMPO.....	19
3.3 PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO.....	24
3.4 ANÁLISE DE DADOS.....	25
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>5. DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
5.1 NOVOS REGISTROS.....	35
5.2 COMPOSIÇÃO, RIQUEZA E VEGETAÇÃO.....	37
5.3 COMPOSIÇÃO, RIQUEZA E MÉTODO.....	39
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>



## 1. Introdução

Formigas são insetos eussociais, ou seja, apresentam todas as características de um comportamento social verdadeiro. Compõem a família Formicidae (Hymenoptera), sendo representadas por pouco mais de 13 mil espécies descritas (Bolton 2016). Porém, estimativas conservadoras indicam que devam existir ao menos 20 mil espécies no mundo todo (Mayhé-Nunes 2015).

Apresentam grande abundância e diversificação, principalmente em ambientes tropicais (Hölldobler e Wilson 1990), onde alguns estudos estimam que formigas representam boa parte da biomassa animal terrestre (Fittkau e Klinge 1973; Alonso e Agosti 2000). Tais fatores fazem com que esses insetos tenham uma enorme importância no que se refere à dinâmica dos ecossistemas (Hölldobler e Wilson 1990).

Além da riqueza de espécies, formigas apresentam uma ampla gama de hábitos alimentares, desde espécies completamente generalistas até aquelas extremamente especializadas, como as formigas cultivadoras de fungo. As estratégias de nidificação também são diversas, variando entre espécies com colônias muito pequenas que nidificam em pequenos galhos caídos e nozes, até enormes colônias que constroem seus ninhos no subsolo ou em dosséis, principalmente nas florestas tropicais (Brandão et al. 2009).

Relacionando a diversidade e abundância de formigas com seus variados hábitos alimentares e principalmente de nidificação, alguns autores consideram as formigas importantes “engenheiras dos ecossistemas”, em conjunto com cupins e minhocas, pois são capazes de modificar o ambiente que habitam (Jouquet et al. 2006).

Uma das principais características que pode ser associada com a diversidade, tanto de espécies quanto de hábitos alimentares e de nidificação das formigas, é a quantidade de relações ecológicas que estes insetos apresentam com outros animais e principalmente com plantas (Ness et al. 2010). Formigas e plantas apresentam uma extensa história de interações, desde mutualismos estritos até a predação, variando tanto no espaço quanto no tempo (Rico-Gray e Oliveira 2007; Ness et al. 2010).

As interações positivas entre plantas e formigas se dão, de maneira geral, através da proteção das plantas hospedeiras por parte das formigas, contra o ataque de herbívoros ou a competição com outros indivíduos ou espécies de plantas. A planta por sua vez oferece locais para nidificação e recursos alimentares, sendo que o efeito positivo da interação vai depender de fatores como agressividade das espécies de formigas, tamanho da colônia e ontogenia da planta (Rosumek et al. 2009; Del-

Claro et al. 2016; Koch et al. 2016). A partir disso, muitos autores sugerem uma relação positiva entre diversidade e abundância de espécies de plantas com diversidade e abundância de espécies de formigas (Blüthgen et al. 2000; Ribas et al. 2003).

O Brasil é destaque mundial em biodiversidade, o que está relacionado com a quantidade de biomas encontrados em seu vasto território (Lewinsohn e Prado 2003). A fauna de formigas acompanha essa afirmação em termos de relevância. Segundo Brandão (1999), nosso país apresenta em torno de 2.500 espécies catalogadas, que representam cerca de um quinto da diversidade mundial.

Santa Catarina é um dos poucos estados brasileiros que possui uma lista de espécies de formigas de seu território, resultado de um extenso histórico de pesquisas (Silva 1999; Ulysséa et al. 2011). Com base em Ulysséa et al. (2011), o estado catarinense abriga 366 espécies de formigas, divididas em 70 gêneros. Embora haja o avanço no conhecimento da fauna de formigas no estado, o mesmo estudo discute a necessidade de se conduzir amostragens em regiões pouco exploradas, além de salientar a utilização de novas técnicas de coleta, como o mini extrator de Winkler.

Desde o final da década de 1990, o número de estudos que se utilizam da coleta de serapilheira e posterior uso do mini extrator de Winkler para a amostragem de artrópodes de solo vem crescendo, especialmente para coletas de formigas (Delabie et al. 1999; Delabie et al. 2014). O uso dessa técnica permite o acesso a uma fauna de formigas diferenciada, caracterizada por colônias crípticas e operárias mais lentas, que não se afastam muito do ninho durante o forrageio (Brühl et al. 1999; Bestelmeyer et al. 2000).

O mundo das formigas de serapilheira, também conhecidas como formigas edáficas, era apenas parcialmente conhecido antes do surgimento dessa técnica de amostragem. O impacto que seu surgimento e posterior uso em coletas de formigas causou foi tão marcante que levou alguns autores a se referir a esse acontecimento como minirrevolução do Winkler (Delabie et al. 2015).

Além da serapilheira, outro componente da fauna de formigas pouco explorado até o momento são os dosséis das florestas tropicais (Delabie et al. 2015). Diversas técnicas podem ser empregadas para amostragens de formigas que nidificam na vegetação, como armadilhas de queda, iscas (p. ex. sardinha, mel, urina), uso de inseticidas, aspiradores entomológicos ou mesmo coletas manuais (Bestelmeyer et al. 2000).

A disponibilidade de tantas técnicas de coleta permite o uso combinado de algumas destas para complementar a amostragem e acessar diversos estratos do ambiente, o que contribui para uma melhor compreensão da fauna de formigas em diferentes ecossistemas (Alonso e Agosti 2000; Bestelmeyer et al. 2000; King e Porter 2005). O uso dessas técnicas apresenta grande importância na amostragem de formigas em ecossistemas e regiões pouco exploradas até o momento, como o Planalto Serrano em Santa Catarina, que apresentava apenas 12 espécies de formigas registradas (Ulysséa et al. 2011).

A região do Planalto Serrano, localizado na parte central do estado de Santa Catarina (Ulysséa et al. 2011), faz parte da Bacia do Paraná, estando inserida no domínio da Mata Atlântica brasileira (Leite 2002; Milani et al. 2007). A Bacia do Paraná se refere à região sedimentar presente na porção meridional do Brasil, região norte do Uruguai, nordeste da Argentina e porção oriental do Paraguai. Dentre as formações geológicas mais impressionantes ali encontradas está a Formação Serra Geral (Milani et al. 2007). Formada por derramamentos vulcânicos de lava basáltica entre 137 e 127 milhões de anos atrás, a Serra Geral é uma formação que se estende da Argentina, Uruguai, Paraguai até o Brasil, onde está presente no Rio Grande do Sul até o estado de Minas Gerais. Sua extensão é estimada em torno de 917.000 km<sup>2</sup> (Frank et al. 2009).

O surgimento da Serra Geral, aliado ao movimento tectônico que conduz à deriva continental, implicou em mudanças de padrões climáticos e geológicos que afetaram diretamente o intercâmbio e estabelecimento da flora ao longo dos últimos milhões de anos na região do Planalto Serrano Catarinense. Este intercâmbio florístico é caracterizado pela dispersão de espécies vegetais das regiões andinas e da Amazônia histórica para as porções mais ao sul do continente sul-americano, que se inicia cerca de 90 milhões de anos atrás (Leite 2002).

Devido a tais características históricas a vegetação arbórea predominante na região do Planalto Serrano é classificada como Floresta Ombrófila Mista (FOM) (Leite e Klein 1990; Leite 2002; Gasper et al. 2013). Dentre as características marcantes da FOM estão a mistura de floras tropical (afro-brasileira) e temperada (austral-antártica-andina) e a presença da *Araucaria angustifolia*, conhecida como Pinheiro do Paraná, uma das poucas espécies de Gimnospermas nativas do território brasileiro, que atualmente é considerada criticamente ameaçada de extinção (Gasper et al. 2013; Thomas 2013).

De acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE 2012), a FOM apresenta quatro formações distintas, sendo estas divididas de acordo com suas localizações geográficas e altitudinais. A formação

Aluvial está relacionada com terraços antigos associados à rede hidrográfica, a Submontana está localizada em altitudes menores de 400 m, a formação Montana situa-se entre 400 m a 1.000 m e, finalmente, a formação Alto-Montana, que se encontra acima de 1.000 m de altitude.

Em determinados trechos de ocorrência da FOM, esta é interrompida por formações campestres denominadas Campos do Planalto (Klein 1978). Classificados também como Estepes ou Campos do Sul do Brasil, essa formação vegetal é caracterizada por apresentar escassez de vegetação arbórea (IBGE 2012), com predominância, no Planalto Serrano, de espécies como capim-caninha (*Andropogon lateralis*) nas porções mais secas e dos gêneros *Rhynchospora* e *Scleria*, nas porções mais úmidas (Klein 1978).

A formação dos Campos do Planalto mostra relação com os máximos glaciais de cerca de 13 a 18 mil anos atrás (IBGE 2012), pois o clima frio impedia o avanço das formações florestais (Behling 1995). Com o aumento gradual da temperatura nos últimos séculos, os campos ficaram restritos mais ao sul do continente americano, especialmente nas regiões de maior altitude, onde o clima é mais frio (Behling 1995). Além disso, a ação antrópica, especialmente por meio da criação de gado e uso do fogo na agricultura, pode estar contribuindo de forma importante para a manutenção das atuais regiões dos Campos do Planalto, pois impede o estabelecimento da vegetação arbórea (Behling 1995; IBGE 2012).

A ameaça de extinção da *Araucaria angustifolia* e de inúmeras outras espécies da flora e fauna associadas impulsionou um movimento pela conservação das formações vegetais características do Planalto Serrano e principalmente da Serra Geral, que culminou na criação do Parque Nacional de São Joaquim (PNSJ) em 1961 (Fernandes e Omena 2015). Dentre as diversas formações vegetais associadas à Mata Atlântica, são encontradas no Parque Nacional de São Joaquim remanescentes de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Matinhas Nebulares e Campos do Planalto (Fernandes e Omena 2015).

As características florestais singulares encontradas no PNSJ, aliadas à falta de estudos da fauna de formigas para a região do Planalto Serrano discutida em Ulysséa et al. (2011), fazem desta unidade de conservação uma excelente área para estudar a biodiversidade da mirmecofauna e sua associação com a vegetação local. Ainda, a disponibilidade de técnicas de coleta que acessam a diversidade de formigas da serapilheira permite um conhecimento maior da fauna de formigas presente no Parque.



Espera-se que diferentes formações vegetais apresentem pouca similaridade quanto à composição de espécies de formigas, bem como tenham diferenças na riqueza de espécies (Blüthgen et al. 2000; Ribas et al. 2003). Da mesma forma, é esperado que a composição de espécies de formigas reflita o uso de metodologias de coleta complementares.

Assim, o objetivo deste trabalho é realizar o primeiro levantamento sistemático da mirmecofauna no Planalto Serrano catarinense, e verificar a relação da riqueza e composição de espécies com os tipos de vegetação locais e os métodos de coleta utilizados.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo geral**

- Realizar o primeiro levantamento sistemático de formigas na região serrana do estado de Santa Catarina.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar uma listagem de espécies de formigas para o PNSJ;
- Relacionar a composição e riqueza de espécies à vegetação onde estas foram coletadas;
- Relacionar a composição e riqueza de espécies ao método de coleta utilizado.

### **3. Materiais e Métodos**

#### **3.1 Área de estudo**

O Parque Nacional de São Joaquim (PNSJ) está situado na região serrana do estado de Santa Catarina, também conhecida como Serra Geral, entre os paralelos 49° 22' e 49° 39', meridianos 28° 04' e 28° 19' (Fernandes e Omena 2015), cerca de 180 km da capital, Florianópolis.

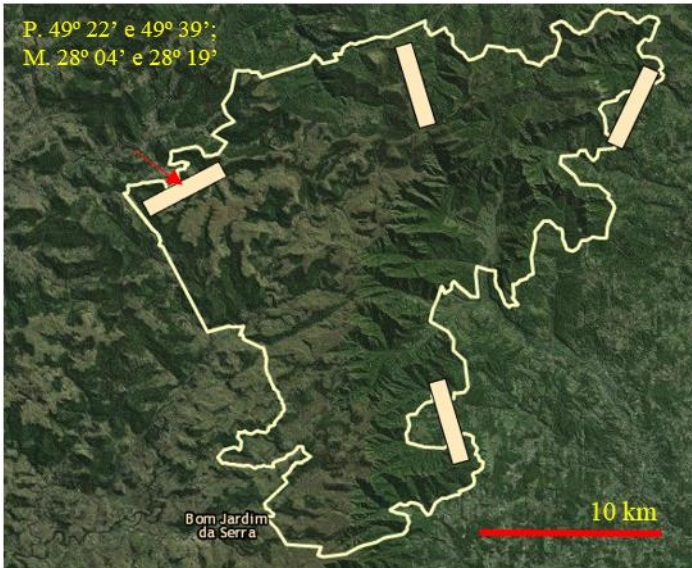
Criado em julho de 1961, por meio do Decreto 50.922, o PNSJ tem como principais objetivos proteger os remanescentes da Floresta Ombrófila Mista, bem como as belezas geológicas da área, sua fauna e flora. A área total do Parque é de 49.300 ha, inseridos dentro da Mata Atlântica. Sua altitude varia de 350 m a 1.822 m (Fernandes e Omena 2015).

O clima na parte alta do Parque, onde o estudo foi conduzido, é caracterizado como subtropical úmido com verões temperados (Cfb), de acordo com a classificação de Köppen (Alvares et al. 2014). A precipitação média anual é de 1.400 mm e temperatura média anual em torno de 14°C (Fernandes e Omena 2015).

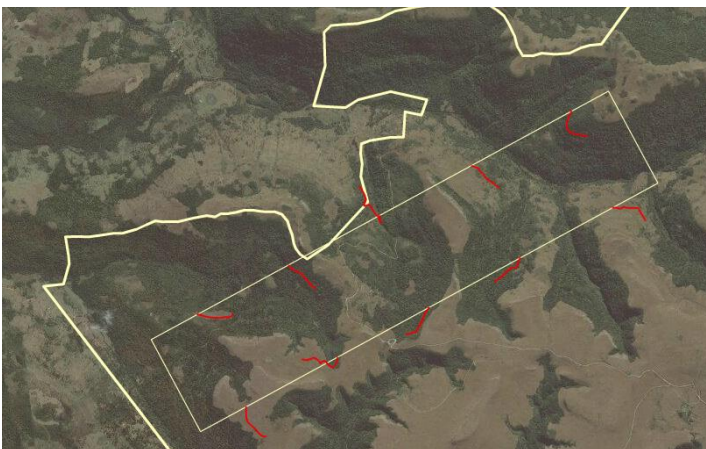
A área de estudo apresenta uma altitude que varia de 1.462 m a 1.671 m. A vegetação ali presente é representada pela Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana e Campos do Planalto (doravante denominados apenas como “mata” e “campo” no texto).

#### **3.2 Procedimentos de campo**

O presente estudo está inserido no Programa de Pesquisa em Biodiversidade da Mata Atlântica (PPBio Mata Atlântica - CNPq 457451/2012-9), sendo conduzido numa área de 5 km<sup>2</sup>, delimitada por um módulo retangular de 5 km de comprimento por 1 km de largura, instalado dentro do PNSJ (Figura 1). A partir de cada uma das linhas longitudinais do módulo, uma Norte e outra Sul, partem cinco parcelas de 250 m de comprimento seguindo a curva de nível, afastadas entre si por 1 km (Figura 2). Esse desenho amostral segue o método RAPELD de pesquisa em biodiversidade (Magnusson et al. 2005). As características geográficas de cada parcela, bem como as formações vegetais que estas possuem, são apresentadas na Tabela 1.



**Figura 1:** Limites do Parque Nacional de São Joaquim, SC, com localização (seta) do módulo de coleta. Os demais módulos aqui representados ainda não foram implementados. Adaptado de: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/sippbio/>



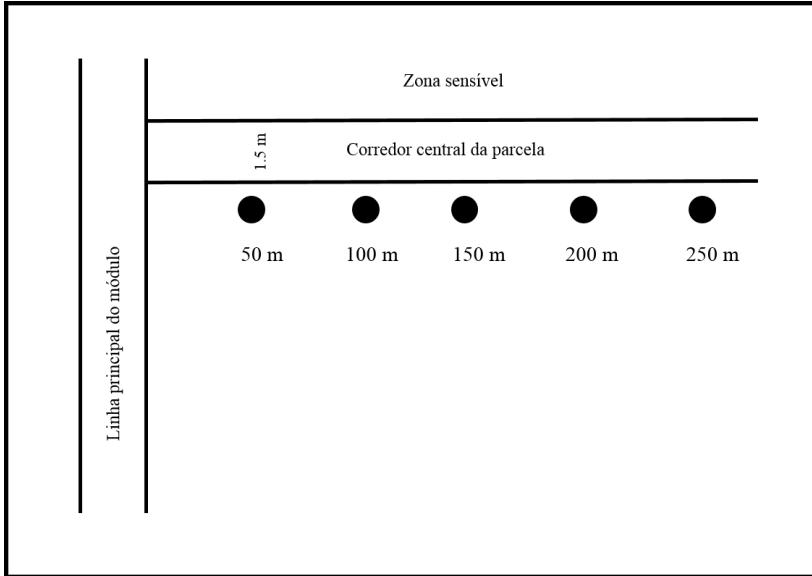
**Figura 2:** Disposição das parcelas de coleta no módulo do Parque Nacional de São Joaquim, SC. Obtido a partir de: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/sippbio/>

**Tabela 1:** Características vegetais e geográficas das parcelas amostradas no Parque Nacional de São Joaquim, SC.

Parcela	Altitude (m)	Vegetação amostrada	Latitude	Longitude
TS500	1503	Campos do Planalto	28° 8'53.07"S	49°36'34.61"O
TS1500	1547	FOM Alto - Montana	28° 9'8.47"S	49°37'6.84"O
TS2500	1650	FOM Alto - Montana	28° 9'23.75"S	49°37'39.05"O
TS3500	1642	Campos do Planalto - FOM Alto-Montana	28° 9'39.21"S	49°38'11.37"O
TS4500	1671	Campos do Planalto	28° 9'54.62"S	49°38'43.57"O
TN500	1563	FOM Alto-Montana	28° 8'23.85"S	49°36'50.40"O
TN1500	1548	Campos do Planalto - FOM Alto-Montana	28° 8'44.40"S	49°37'33.91"O
TN2500	1462	FOM Alto-Montana	28° 8'55.23"S	49°37'56.40"O
TN3500	1589	FOM Alto-Montana	28° 9'11.87"S	49°38'28.03"O
TN4500	1525	Campos do Planalto - FOM Alto-Montana	28° 9'26.51"S	49°39'0.93"O

Cada parcela é composta por um corredor central com cerca de 1,5 m de largura, aliado a uma área paralela à montante, chamada de zona sensível. O corredor central serve de passagem aos pesquisadores, enquanto a zona sensível permanece intacta.

As coletas de formigas se deram em dois períodos de cinco dias durante a estação quente, em março de 2014 e fevereiro de 2015. Um total de cinco pontos amostrais foi determinado para cada parcela, distanciados entre si por 50 m, começando no ponto 50 e terminando no ponto 250, totalizando 50 pontos amostrais por período de coleta (Figura 3). Destes 50 pontos amostrais, 19 ocorreram em ambiente de campo, enquanto 31 estavam localizados em ambiente de mata. Em cada ponto até três métodos de coleta foram aplicados: um *pitfall* de solo, um *pitfall* arbóreo e coleta de serapilheira para extração em mini Winkler (Bestelmeyer et al. 2000).

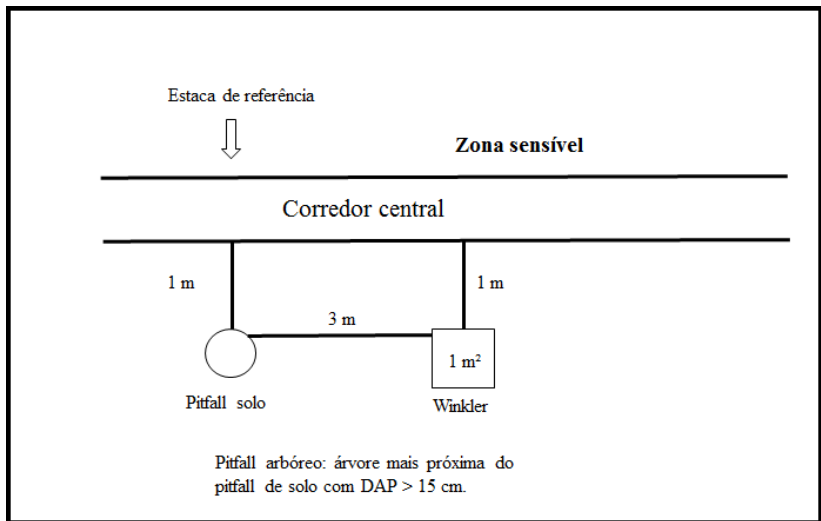


**Figura 3:** Representação esquemática da disposição dos pontos amostrais na parcela do PPBio da Mata Atlântica, Parque Nacional de São Joaquim, SC.

O *pitfall* de solo foi instalado ao lado da estaca de referência do ponto amostral, afastado 1 m do corredor central à jusante (Figura 4). Este consistiu num copo de plástico transparente de 300 ml, preenchido até um terço do seu volume total com uma solução de água, detergente e sal (3 gotas de detergente e uma pitada de sal para cada 100 ml de água) sendo enterrado com a borda do copo ao nível do solo. Esses *pitfalls* permaneceram em campo por 48 h.

Três metros à frente do *pitfall* de solo foi recolhida a serapilheira (Figura 4). Uma área de 1 m<sup>2</sup> era demarcada e seu conteúdo de serapilheira recolhido e peneirado por três minutos em campo. O volume peneirado foi acondicionado em sacos plásticos e levado ao alojamento, onde os mini extratores de Winkler foram instalados. Estes consistem em sacos contendo no seu interior um suporte para abrigar a serapilheira coletada em campo. Após montados, os extratores permanecem pendurados por 48 h. Conforme o tempo passa, a serapilheira seca e a temperatura no interior dela aumenta, o que leva os organismos ali presentes a buscar uma saída. Como a parte superior está fechada, a tendência é que esses organismos desçam cada vez mais, até caírem na abertura inferior, onde está acoplado um pote plástico contendo álcool a 95%.

Os *pitfalls* arbóreos apresentam as mesmas características dos *pitfalls* de solo, sendo instalados na árvore mais próxima destes que apresenta DAP superior a 15 cm (Figura 4). Devido à baixa amostragem de formigas nas coletas do primeiro período, para o segundo foram adicionadas iscas de sardinha aos *pitfalls* arbóreos. Estas eram colocadas próximas à borda do copo, sobre retângulos de cartolina suspensos pelo barbante utilizado para amarrar a armadilha na árvore. Em ambos os casos, o tempo de permanência em campo destes *pitfalls* foi de 48 h.



**Figura 4:** Representação esquemática da disposição dos métodos de coleta em cada ponto amostral, Parque Nacional de São Joaquim, SC.

Esse protocolo é uma adaptação do protocolo “Antpeld”, criado por uma equipe de pesquisadores brasileiros que estão aplicando o método RAPELD (Magnusson et al. 2005) em diferentes ecossistemas da Mata Atlântica e outros domínios no Brasil. O protocolo mínimo sugerido pelo “Antpeld” foi seguido, que se refere à aplicação dos *pitfalls* de solo em cinco pontos amostrais por parcela. A adição dos *pitfalls* arbóreos e amostragens de serapilheira correspondem a alternativas para aumentar a amostragem de formigas. Outras sugestões, visando aumentar o comprimento das parcelas e conseqüentemente o número de pontos amostrais não foram aplicadas no presente estudo, pois não seria possível manter a parcela dentro da mesma fitofisionomia ao longo de todo seu comprimento.

Devido às características de cada ponto amostral (p. ex. ausência de serapilheira ou de árvores com DAP adequado em algumas áreas de campo), nem sempre a coleta de serapilheira e os *pitfalls* arbóreos foram aplicados. Portanto, o esforço amostral foi de 50 *pitfalls* de solo em 2014 e 47 em 2015, 33 *pitfalls* arbóreos em 2014 e 2015 e 30 coletas de serapilheira em 2014 e 28 em 2015. No ano de 2015, a parcela TN 2500 foi amostrada somente em dois pontos, devido à presença de um vespeiro que impedia a passagem para os pontos seguintes, não sendo possível contorná-lo de forma segura. Isso explica o decréscimo no número de *pitfalls* de solo e amostragens de serapilheira de 2014 para 2015. Ainda no ano de 2015, uma amostragem de serapilheira foi feita em ambiente de campo, a fim de testar a aplicabilidade do método nesse tipo de ambiente para esforços futuros. A ocorrência de muitas chuvas e completa ausência de serapilheira em outros pontos amostrais impediu a realização dessa técnica nos demais pontos em campo. Com relação aos *pitfalls* arbóreos, 31 foram instalados em ambiente de mata e 2 em ambiente de campo em 2014. Em 2015, apenas 28 *pitfalls* arbóreos foram instalados em ambiente de mata, devido à impossibilidade de completar a parcela TN 2500, porém seis foram instalados em ambiente de campo. Esse aumento de *pitfalls* arbóreos em ambiente de campo no ano de 2015 se deve ao fato de alguns terem sido aplicados em arbustos, numa tentativa de aumentar a amostragem de formigas registradas por esse método, o que não foi feito em 2014.

### **3.3 Procedimentos de laboratório**

O material coletado em campo foi acondicionado em potes contendo álcool a 95% e transportado ao Laboratório de Biologia de Formigas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), onde foi triado a fim de que os espécimes de formigas fossem separados dos demais artrópodes coletados.

Para cada amostra foi efetuada a morfoespecação das formigas com auxílio de um microscópio estereoscópio de luz, modelo WILD LEITZ M3Z, também utilizado para a identificação. A partir disso, um exemplar de cada morfoespécie por amostra foi montado em triângulo de papel para posterior identificação.

Os espécimes foram identificados ao nível de gênero com auxílio de chaves dicotômicas (Fernandéz 2003; Baccaro et al. 2015). Quando possível, a identificação se deu ao nível de espécie, com auxílio de chaves dicotômicas ou consulta ao material de referência do Laboratório de



Biologia de Formigas da UFSC e Laboratório de Sistemática e Biologia de Formigas da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

As seguintes chaves para gênero de formigas foram utilizadas: *Acromyrmex*: Gonçalves (1961); *Anochetus*: Fernández (2008); *Eurhopalothrix*: Longino (2013a); *Gnamptogenys*: Lattke et al. (2007); *Heteroponera*: Arias-Penna e Fernández (2008); *Linepithema*: Wild (2007); *Neivamyrmex*: Watkins (1976); *Octostruma*: Longino (2013b); *Oxyepoecus*: Albuquerque e Brandão (2004), Albuquerque e Brandão (2009); *Pachycondyla*: Fernández (2008); *Strumigenys*: Bolton (2000); *Trachymyrmex*: Mayhé-Nunes e Brandão (2005); *Wasmannia*: Longino e Fernández (2007).

Todas as identificações foram revisadas e confirmadas pela equipe do Laboratório de Sistemática e Biologia de Formigas da UFPR, sob a supervisão do Prof. Dr. Rodrigo dos Santos Machado Feitosa. Os espécimes estão depositados na coleção zoológica do Laboratório de Biologia de Formigas da UFSC.

### **3.4 Análise de dados**

Para as análises estatísticas, foi feita a junção dos dados dos dois períodos de amostragem, pois como a área de vida das formigas depende da localização dos ninhos, a tendência é que repetidas coletas no mesmo ponto capturem indivíduos dos mesmos ninhos (com possível exceção de colônias fundadas/extintas/deslocadas ao longo do ano). Em certos casos, descritos a seguir, os dados foram considerados separadamente. Apenas dados de ocorrência foram utilizados, já que abundância não é uma medida segura para análise de dados para formigas em geral, devido às características de recrutamento apresentadas por diversas espécies (Longino 2000, Fisher e Robertson 2002). Devido à baixa amostragem de formigas nos dois períodos de coletas, mesmo com a adição de iscas de sardinha em 2015, os dados de *pitfall* arbóreo não foram utilizados nas análises, sendo utilizados apenas para resultados descritivos.

Entre os dois períodos de coleta, uma das parcelas (TN500) teve que ser deslocada 100 m de sua posição original. Essa medida foi tomada porque a parcela estava fora da curva de nível, além de estar posicionada num trecho que continha uma antiga trilha de passagem, apresentando assim algum grau de alteração humana. Dessa forma, os dados obtidos a partir dessa parcela também foram consideradas apenas de forma descritiva, sendo todas as análises elaboradas considerando um total de 45 pontos amostrais.

A partir dos dados de ocorrência, foi calculada a frequência absoluta de cada espécie, definido como o número de ocorrências dividido pelo total de pontos amostrais. Para este cálculo, a presença da espécie no ponto amostral foi considerada independentemente do método de coleta (*pitfall* de solo ou Winkler). Ou seja, se em determinado ponto amostral a espécie foi coletada tanto pela armadilha de queda quanto pelo Winkler, isto foi contado como uma ocorrência.

Com o objetivo de avaliar se a composição de espécies de formigas em cada ponto amostral está relacionada com a vegetação, foi feita uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA) comparando pontos amostrais em regiões de mata e campo, usando o coeficiente de dissimilaridade de Jaccard (Borcard et al. 2011). Devido ao fato de ter sido realizada apenas uma coleta de serapilheira em áreas de campo, para esta análise foram considerados dados de presença e ausência por ponto amostral referentes apenas às coletas do *pitfall* de solo.

A PCoA também foi utilizada para avaliar se há diferença na composição de espécies coletadas em *pitfalls* de solo e mini extratores de Winkler. Devido ao fato de apenas no ambiente de mata terem sido aplicados os dois métodos de coleta, foram considerados apenas os dados desse ambiente para a PCoA. Além disso, foram excluídos os dados de coletas de serapilheira de oito pontos pertencentes a duas parcelas nas quais, no segundo período de amostragem, a coleta não foi feita exatamente no mesmo ponto amostral. Isso porque a ordem em que os pontos foram amostrados foi invertida (a partir do ponto 250 até o 50), entretanto a amostragem de serapilheira não foi reposicionada de maneira correta (como esquematizado na Figura 4), resultando numa diferença na localização das coletas de serapilheira de seis metros no ano de 2015 em relação ao ano de 2014.

Para verificar se há diferença significativa na composição de espécies entre os pontos amostrais, tanto para vegetação quanto para método de coleta, foi feita uma análise de variância não-paramétrica multivariada (PERMANOVA) (Anderson 2001). Entretanto essa análise, que é baseada na distância, não discrimina o efeito local da composição de espécies por ponto amostral com a dispersão da variância, que representa o efeito da variabilidade (Warton et al. 2012). Assim, para testar o efeito da dispersão da variância (diversidade beta) entre os pontos amostrais, foi realizado um teste de significância para a diversidade beta (Anderson 2006; Anderson et al. 2006). O nível de significância utilizado foi  $\alpha = 0.05$ .

Para comparar a riqueza de espécies de formigas em relação à vegetação e métodos de coleta, foram geradas curvas do coletor

aleatorizadas 100 vezes sem extrapolações, sendo comparados os intervalos de confiança a 95% (Longino 2000). Foram feitas curvas para as amostragens em campo e mata a partir dos dados de *pitfalls* de solo, além de curvas para as coletas através dos *pitfalls* de solo e mini extratores de Winkler em ambiente de mata.

As Análises de Coordenadas Principais e testes de significância foram desenvolvidas no software R (R Core Team, 2016), através dos pacotes “vegan” (Oksanen et al. 2016) e “plyr” (Wickham 2011). As curvas de acumulação de espécies foram desenvolvidas no software EstimateS versão 9.1.0 (Colwell 2013).

#### 4. Resultados

Foram registradas no presente estudo 60 espécies de formigas (Hymenoptera, Formicidae), sendo 27 morfoespécies e 33 identificadas, pertencentes a nove subfamílias e 23 gêneros (Tabela 2). A subfamília mais diversa foi Myrmicinae, apresentando 36 espécies em dez gêneros, seguida de Formicinae (dez espécies em quatro gêneros) e Ponerinae (cinco espécies em três gêneros). Os três gêneros mais diversos foram: *Pheidole* com 11 espécies, seguido de *Solenopsis* com sete espécies (ambas Myrmicinae) e *Camponotus* com seis espécies (Formicinae). As espécies mais frequentes foram *Heteroponera dentinodis* e *Solenopsis* sp.1 (F= 0,47), seguidas por *Camponotus rufipes*, *Oxyepoecus crassinodus* e *Pheidole* sp.5 (F= 0,42). As demais subfamílias amostradas foram Dolichoderinae (um gênero e três espécies), Dorylinae (um gênero e duas espécies), Ectatomminae, Heteroponerinae, Proceratiinae e Pseudomyrmecinae (um gênero e uma espécie cada). Na Tabela 2 também é indicado o local de ocorrência de cada espécie (Campo ou Mata), bem como o método utilizado para sua coleta (*pitfall* de solo ou arbóreo e extrator de Winkler).

Entre as espécies listadas nesse estudo, quatro representam registros novos para Santa Catarina, enquanto 21 espécies tiveram sua área de ocorrência expandida para o Planalto Serrano (Tabela 2).

**Tabela 2:** Espécies de formigas do Parque Nacional de São Joaquim, SC, com local de ocorrência e método de coleta.

Espécie	FA*	Ocorrência		Método		
		C <sup>3</sup>	M <sup>4</sup>	PS <sup>5</sup>	PA <sup>6</sup>	W <sup>7</sup>
<i>Acromyrmex crassispinus</i> (Forel, 1909)	0,16		X	X		X
<i>Anochetus altisquamis</i> Mayr, 1887	0,04		X	X		X
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	0,11		X	X		X
<i>Brachymyrmex</i> sp.2	0,11	X	X	X		X
<i>Camponotus alboannulatus</i> <sup>1</sup> Mayr, 1887	0,04		X		X	X
<i>Camponotus crassus</i> <sup>1</sup> Mayr, 1862	0,07	X		X		
<i>Camponotus fastigatus</i> <sup>1</sup> Roger, 1863	0,13	X		X		
<i>Camponotus melanoticus</i> <sup>1</sup> Emery, 1894	0,16	X	X	X	X	X

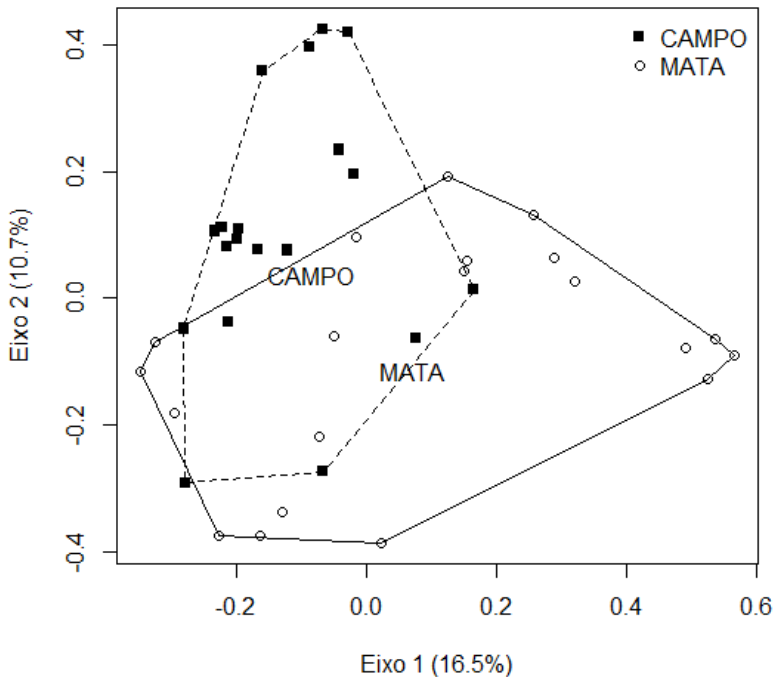
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	0,42	X	X	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp.	-	X			X	
<i>Crematogaster</i> sp.1	0,07		X			X
<i>Crematogaster</i> sp.2	0,04	X	X		X	X
<i>Crematogaster</i> sp.3	0,02	X		X		
<i>Crematogaster</i> sp.4	-	X			X	
<i>Crematogaster</i> sp.5	-		X			X
<i>Discothyrea</i> sp.	0,02		X			X
<i>Eurhopalothrix depressa</i> <sup>2</sup> Ketterl, Verhaagh e Dietz, 2004	0,04		X			X
<i>Gnamptogenys striatula</i> <sup>1</sup> Mayr, 1884	0,18	X		X		
<i>Heteroponera dentinodis</i> <sup>1</sup> (Mayr, 1887)	0,47		X	X		X
<i>Hypoponera</i> sp.1	0,40		X	X		X
<i>Hypoponera</i> sp.2	0,18		X			X
<i>Hypoponera</i> sp.3	0,11		X			X
<i>Linepithema angulatum</i> <sup>1</sup> (Emery, 1894)	0,04	X		X		
<i>Linepithema gallardoi</i> <sup>1</sup> (Brèthes, 1914)	0,29	X	X	X		X
<i>Linepithema micans</i> (Forel, 1908)	0,24	X	X	X		X
<i>Myrmelachista gallicola</i> <sup>1</sup> Mayr, 1887	0,02		X			X
<i>Neivamyrmex hetschkoi</i> <sup>1</sup> (Mayr, 1886)	-		X			X
<i>Neivamyrmex punctaticeps</i> <sup>1</sup> (Emery, 1894)	-		X			X
<i>Nylanderia</i> sp.	0,04		X	X		X
<i>Octostruma rugifera</i> <sup>1</sup> (Mayr, 1887)	0,02		X			X
<i>Oxyepoecus crassinodus</i> <sup>1</sup> Kempf, 1974	0,42		X	X	X	X
<i>Oxyepoecus plaumanni</i> <sup>1</sup> Kempf, 1974	0,02		X			X
<i>Oxyepoecus vezenyii</i> <sup>1</sup> (Forel, 1907)	0,18		X			X
<i>Pachycondyla striata</i> Smith, 1858	0,16	X	X	X		

<i>Pheidole aberrans</i> <sup>1</sup> Mayr, 1868	0,02	X		X		
<i>Pheidole avia</i> <sup>2</sup> Forel, 1908	-		X			X
<i>Pheidole radoszkowski</i> <sup>2</sup> Mayr, 1884	0,09	X		X		
<i>Pheidole rosae</i> <sup>1</sup> Forel, 1901	0,11	X	X	X		X
<i>Pheidole</i> aff. <i>lutzi</i> Forel, 1905	0,02	X	X	X	X	
<i>Pheidole</i> sp.1	0,18		X	X		X
<i>Pheidole</i> sp.3	0,27	X	X	X		X
<i>Pheidole</i> sp.4	0,07		X	X		X
<i>Pheidole</i> sp.5	0,42	X	X	X		X
<i>Pheidole</i> sp.9	0,04	X	X	X		
<i>Pheidole</i> sp.11	0,11	X	X	X		X
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1885)	0,04		X		X	X
<i>Solenopsis</i> sp.1	0,47	X	X	X		X
<i>Solenopsis</i> sp.2	0,13	X	X	X		X
<i>Solenopsis</i> sp.4	0,02	X		X		
<i>Solenopsis</i> sp.5	-		X			X
<i>Solenopsis</i> sp.6	-		X		X	
<i>Solenopsis</i> sp.7	0,07	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp.8	0,02	X		X		
<i>Strumigenys louisianae</i> <sup>1</sup> Roger, 1863	0,02	X		X		
<i>Strumigenys</i> aff. <i>louisianae</i>	0,07	X	X	X		X
<i>Trachymyrmex holmgreni</i> <sup>1</sup> Wheeler, 1925	0,02	X		X		
<i>Trachymyrmex</i> sp.	0,02	X		X		
<i>Wasmannia affinis</i> <sup>1</sup> Santschi, 1929	0,40		X	X		X
<i>Wasmannia auropunctata</i> <sup>1</sup> (Roger, 1863)	0,07	X	X	X		X
<i>Wasmannia williamsoni</i> <sup>2</sup> Kusnezov, 1952	0,09	X	X	X		X

\* Frequência Absoluta - espécies representadas por “-” ocorreram somente em pontos amostrais retirados do cálculo de frequência ou foram coletadas somente em *pitfalls* arbóreos (ver Materiais e Métodos)

<sup>1</sup>registros novos para a região do Planalto Serrano; <sup>2</sup>registros novos para o estado de Santa Catarina; <sup>3</sup>Campo; <sup>4</sup>Mata; <sup>5</sup>*Pitfall* solo; <sup>6</sup>*Pitfall* arbóreo; <sup>7</sup>Winkler

Das 60 espécies, 27 foram exclusivas da mata, 14 do campo, enquanto 19 ocorreram em ambas as formações vegetais. A Análise de Coordenadas Principais (PCoA) mostra a formação de dois grupos parcialmente sobrepostos de pontos amostrais (Figura 5). O teste de diversidade beta mostrou que não há diferença de diversidade beta entre os tipos de vegetação ( $F_{1, 38} = 3,0293$ ;  $p = 0,085$ ). A PERMANOVA ( $F_{1, 38} = 3,8825$ ;  $p < 0,001$ ) indica que existe diferença na composição de espécies entre as formações vegetais amostradas.



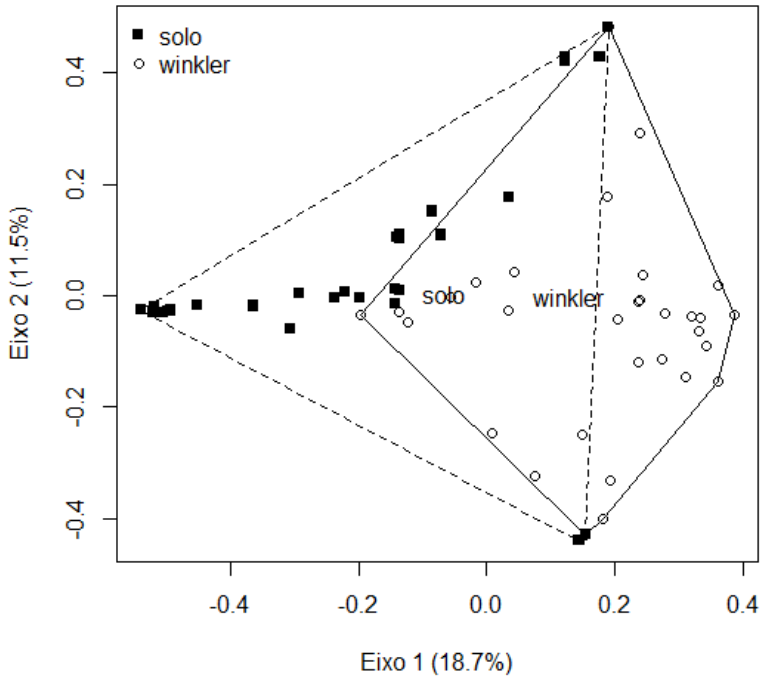
**Figura 5:** Análise de Coordenadas Principais ordenando pontos amostrais em relação à composição de espécies de formigas pela área de ocorrência (Mata ou Campo), somente com dados dos *pitfalls* de solo, Parque Nacional de São Joaquim, SC.

Analisando a riqueza de espécies entre as áreas de mata e de campo através de curvas de acumulação de espécies com os dados de *pitfalls* de solo, é possível concluir que não há diferença significativa em riqueza entre os dois hábitats (Figura 6, pág. 29).

Com relação aos métodos de coleta, 42 espécies e morfoespécies foram amostradas através da coleta de serapilheira, sendo 14 exclusivas desse método. Nos *pitfalls* de solo foram registradas 40 espécies, com 14 exclusivas, além de 11 registros em *pitfalls* arbóreos, com três espécies exclusivas. Apenas quatro espécies foram amostradas pelos três métodos de coleta, enquanto 25 ocorreram tanto em *pitfalls* de solo quanto nas coletas de serapilheira.

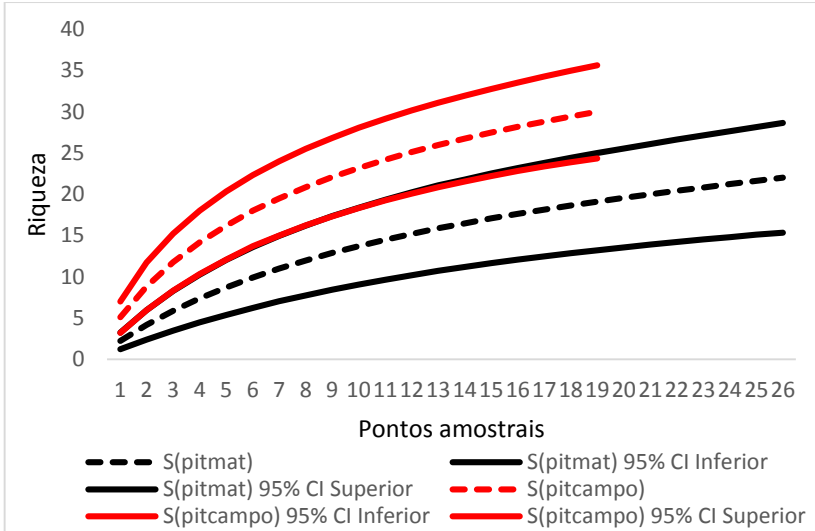
A PCoA gerada para avaliar se há relação entre a composição de espécies de formigas com o método de amostragem utilizado (*pitfall* de solo ou Winkler) mostra a formação de dois grupos de pontos amostrais (Figura 7) parcialmente sobrepostos. O teste de diversidade beta sugere que há diferença na dispersão de espécies entre os pontos ( $F_{1,64} = 25,98$ ;  $p < 0,001$ ). A PERMANOVA ( $F_{1,64} = 10,519$ ;  $p < 0,001$ ), por outro lado, indica que existe diferença na composição de espécies entre as amostras.



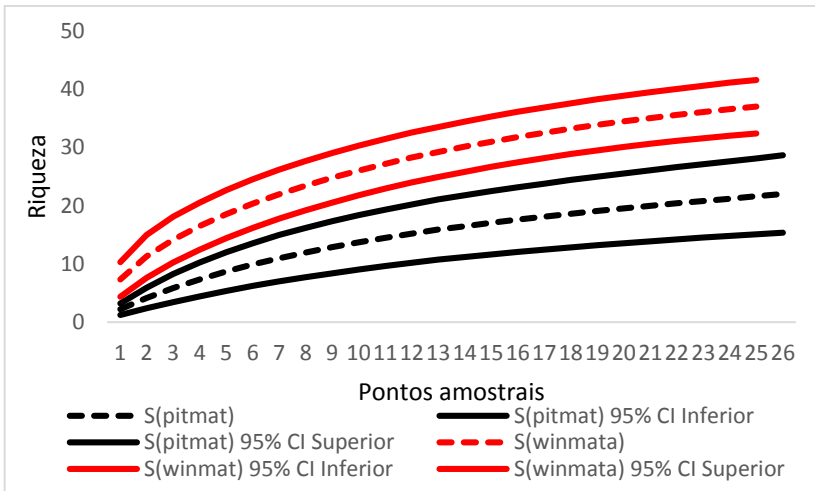


**Figura 7:** Análise de Coordenadas Principais ordenando pontos amostrais em relação à composição de espécies pelos métodos de coleta (*pitfall* de solo ou Winkler), somente com dados do ambiente de mata, Parque Nacional de São Joaquim, SC.

As curvas de acumulação de espécies entre os métodos de coleta, obtidas por meio dos dados de ocorrência de formigas nos *pitfalls* de solo e amostras de serapilheira (Winkler) em ambiente de mata, mostram uma diferença de riqueza significativa (Figura 8).



**Figura 6:** Curvas de acumulação de espécies comparando a riqueza entre pontos amostrais em mata e campo somente com dados de *pitfalls* de solo, Parque Nacional de São Joaquim, SC.



**Figura 8:** Curvas de acumulação de espécies comparando a riqueza entre métodos de coleta (*pitfalls* de solo e Winkler), somente com dados de amostras em Mata, Parque Nacional de São Joaquim, SC.

## 5. Discussão

### 5.1. Novos registros

Com base em Ulysséa et al. (2011), o presente estudo adiciona para o estado de Santa Catarina os registros de *Eurhopalothrix depressa*, *Pheidole avia*, *Pheidole radoszkowskii* e *Wasmannia williamsoni*.

*Eurhopalothrix depressa* era reconhecida até o momento apenas para duas localidades, São Francisco de Paula, RS (holótipos) e Cunha, SP (parátipos) (Ketterl et al. 2004; Longino 2013). Em São Francisco de Paula a amostragem ocorreu numa área de Floresta de Araucária, sendo os exemplares coletados a partir da serapilheira. Os parátipos foram coletados numa área de Floresta Ombrófila Densa, no Pico da Macela, município de Cunha (Ketterl et al. 2004). De maneira geral, espécies desse gênero são coletadas a partir de técnicas de extração de serapilheira, em baixas densidades. Não há muito conhecimento acerca da biologia da espécie em questão, porém as espécies do gênero são tidas como predadoras do ambiente de serapilheira (Longino 2013). Devido à presença de cerdas especializadas em forma de remo ou espátula no dorso da cabeça e algumas regiões do corpo, muitas espécies de *Eurhopalothrix* apresentam a capacidade de aderir finas camadas de argila junto ao corpo, resultando num tipo de camuflagem (Hölldobler e Wilson 1986). No presente estudo a espécie foi registrada apenas na serapilheira de pontos amostrais ocorrendo na Floresta Ombrófila Mista (FOM) Alto-Montana, não havendo capturas nos *pitfalls*. Apesar de considerada uma espécie de rara captura (Ketterl et al. 2004), foram coletados espécimes em seis pontos amostrais no presente estudo, num total de 50 pontos. A baixa frequência para a espécie apresentada na Tabela 2 reside no fato de a maior parte dos registros terem sido realizados em pontos amostrais retirados das análises.

*Pheidole avia* é uma espécie de biologia desconhecida, sendo coletada aqui somente na FOM Alto-Montana através da coleta de serapilheira. Até esse momento, a ocorrência desta era reconhecida apenas para a localidade tipo, que é a cidade de São Paulo (Wilson 2003). Em comunicação pessoal, o pesquisador Msc. Félix Baumgarten Rosumek afirmou que a espécie foi recentemente coletada na Ilha de Santa Catarina. Essa falta de conhecimento acerca da espécie e seus poucos registros não são surpreendentes, dada a taxonomia historicamente complicada de *Pheidole*, que dificulta a identificação de espécimes sem a ajuda de um especialista no gênero. O táxon apresenta

mais de 1.000 espécies válidas, com mais de 600 na região Neotropical (Wilson 2003).

*Pheidole radoszkowskii* é uma espécie bastante distribuída na região Neotropical, desde a Jamaica até partes das Pequenas Antilhas, América Central e América do Sul, da Bolívia à Argentina. Colônias dessa espécie são encontradas com frequência em ambientes abertos, muitas vezes com algum nível de alteração humana (Wilson 2003). Condizentemente, no PNSJ a espécie foi coletada apenas em regiões de Campos do Planalto. Porém, Wilson (2003) salienta que a espécie na verdade representa um complexo, que necessita de revisão.

*Wasmannia williamsoni* foi descrita em 1952 a partir de material coletado na região de La Pampa, Castex, na Argentina, que fica nos arredores de Buenos Aires, em um ambiente de Pampa (Kusnezov 1952). Amostrando regiões do Pampa no Rio Grande do Sul, Rosado et al. (2012) apresentaram o registro de espécimes de *W. williamsoni*. Entretanto, sem mencionar esse registro para o Brasil, Cuezco et al. (2015) sugeriram que a espécie representa uma linhagem relictica e endêmica da região central da Argentina. Registramos a ocorrência da espécie tanto em campo como em mata, em *pitfalls* de solo e amostras de serapilheira. Até então, a espécie havia sido associada apenas a ambientes campestres (Rosado et al. 2012; Cuezco et al. 2015). A espécie pode apresentar uma distribuição atualmente descontínua, reflexo de uma maior distribuição geográfica anterior, ou não ter sido corretamente identificada em outros pontos de ocorrência.

Como observado em Silva (1999) e Ulysséa et al. (2011), na região do Planalto Serrano a fauna de formigas ainda não havia sido amostrada de maneira sistemática. Dessa forma, é esperado que um esforço como o aqui apresentado resulte num aumento de registros para a região, especialmente de espécies de ampla distribuição geográfica. No presente estudo a área de ocorrência de 21 espécies foi ampliada para o Planalto Serrano, observando-se o registro desde espécies amplamente distribuídas no estado, como *Gnamptogenys striatula*, *Pachycondyla striata* e *Strumigenys louisianae*, até espécies registradas até o momento para apenas uma região do estado, como *Linepithema angulatum* (Vale do Itajaí), *Myrmelachista gallicola* (Sul), *Neivamyrmex hetschkoi* (Oeste), e ainda espécies cuja região de coleta é desconhecida, casos de *Linepithema gallardoi* e *Pheidole rosae* (Ulysséa et al. 2011).

## **5.2 Composição, riqueza e vegetação**

Os dados de ocorrência das espécies de formigas associadas ao tipo de vegetação da coleta (Tabela 2), em conjunto com as Análises de Coordenadas Principais (PCoA) (Figura 5), indicaram que existe uma relação entre a composição de espécies de formigas com a variação da formação vegetal na área de estudo.

Essa relação é encontrada em diversos estudos, especialmente em ambientes tropicais. Vasconcelos et al. (2008) estudaram como a estrutura da vegetação, a ocorrência de fogo e de espécies de formigas dominantes afetam a riqueza e composição de formigas em áreas da savana amazônica. Amostrando *plots* que apresentavam diferentes graus de cobertura vegetal, indo desde áreas com pouca cobertura (resultado de incêndios recentes), até áreas com árvores de mais de dois metros de altura, através de coletas manuais e uso de iscas de sardinha, os autores concluíram que a estrutura da vegetação afetou a composição de espécies de formigas. Ainda na Amazônia, Vasconcelos e Vilhena (2006) estudaram a composição e riqueza de espécies de formigas em áreas de savana e floresta, encontrando baixa similaridade na composição de espécies dos dois habitats. No Cerrado mineiro, Marques e Del-Claro (2006) encontraram diferenças de composição de espécies de formigas em dois estratos diferentes (Cerrado aberto e Cerrado fechado), utilizando apenas coletas com iscas de sardinha como amostragem. Vale ressaltar que para os três trabalhos anteriormente citados, o uso de iscas de sardinha para as coletas gera um viés nos resultados, já que a amostragem foca em formigas de hábitos diurnos geralmente com dieta onívora (Vasconcelos et al. 2008).

Visando comparar diferentes formações de floresta tropical na Guiana quanto à comunidade de formigas de solo, Groc et al. (2014) fizeram uso de extratores de Winkler e armadilhas de queda, concluindo que a composição de espécies em diferentes estruturas da vegetação apresenta baixa similaridade.

A distribuição de espécies é influenciada tanto pelas condições ambientais, como temperatura, umidade relativa, pH do solo ou da água, concentração de poluentes e salinidade (especialmente para organismos marinhos), quanto pelas interações dos organismos entre si, como a predação, parasitismo, competição por recursos e mutualismos. Além disso, a história evolutiva das espécies tem importante influência sobre os padrões de distribuição das mesmas (Begon et al. 2007).

Entretanto, para tentar entender os padrões de distribuição das espécies, é necessário observar o ambiente em pequena escala, levando

em consideração as variações microclimáticas que proporcionam o estabelecimento de micro-habitats e levam à heterogeneidade ambiental (Begon et al. 2007). A temperatura pode agir diretamente sobre a ocorrência de espécies em determinados ecossistemas, porém fatores como umidade e sombreamento podem amenizar ou mesmo exacerbar os efeitos da mesma em escalas menores (Begon et al. 2007).

De maneira geral, as espécies de formigas irão distribuir-se no ambiente de acordo com suas tolerâncias fisiológicas às condições do meio, como temperatura e umidade, além da disponibilidade de recursos. Porém, respostas comportamentais específicas, que incluem a escolha do melhor horário de forrageamento, a construção do ninho, não apenas sua localização, mas também sua disposição e estrutura, são importantes para a adaptação das populações às condições ambientais a que são submetidas (Blüthgen e Feldhaar 2010). Isso permite que colônias se estabeleçam em ambientes cujas condições à primeira vista são desfavoráveis para os indivíduos (Hölldobler e Wilson 1990).

Devido ao fato de colônias de formigas serem compostas por castas operárias não aladas, o forrageamento é limitado aos arredores do ninho, numa distância que varia para cada espécie. Isso faz com que a escolha do local de nidificação por parte de uma espécie envolva não só as condições físicas para a construção do ninho, como também a quantidade e qualidade de recursos alimentares que o ambiente oferece (Hölldobler e Wilson 1990).

Os tipos de vegetação amostrados no presente estudo representam disponibilidades de recursos e condições ecológicas diferentes. A presença de uma mata desenvolvida, com porte arbóreo significativo, resulta em um ambiente sombreado, com maior retenção de umidade e menor variação de temperatura ao longo do dia. Pelo contrário, ambientes campestres apresentam maior insolação, o que pode levar a condições secas em determinados períodos, além de fornecer uma variação térmica pronunciada ao longo do dia (Begon et al. 2007). Espécies de formigas cuja tolerância a extremos de temperatura é menor tendem a ocorrer em ambientes florestais, enquanto espécies mais resistentes buscam ambientes mais desafiadores que, por outro lado, podem oferecer menos competição e predação (Hölldobler e Wilson 1990), e espécies generalistas podem ser encontradas em mais de um ambiente. Dessa forma, a estrutura da vegetação pode condicionar a composição de espécies de formigas em determinados ambientes.

Analisando a riqueza de espécies, diversos estudos apontam de forma positiva para uma relação entre riqueza de espécies de formigas com a estrutura e estratificação da vegetação, pois fatores como

sombreamento, grau de cobertura de serapilheira, diversidade de espécies de plantas e consequentemente de recursos alimentares e de nidificação, afetam diretamente a ocupação e estabelecimento de colônias de formigas (Matos et al. 1994; Corrêa et al. 2006; Vasconcelos e Vilhena 2006).

Entretanto, as curvas do coletor geradas para comparar a riqueza de espécies entre as amostragens em campo e mata, através dos dados de *pitfalls* de solo (único método presente nos dois ambientes, Figura 6), indicaram que não houve diferença na riqueza de espécies entre as formações vegetais aqui amostradas, o que difere das hipóteses iniciais do presente estudo.

Isso pode ser explicado pelo fato de o foco de amostragem no PNSJ ter sido as espécies de chão, embora houve tentativas de amostrar formigas associadas à vegetação. Essa questão reduz o papel da estratificação de hábitat na explicação dos padrões de riqueza de espécies aqui observados.

Como já apresentado anteriormente, as tolerâncias fisiológicas das espécies às condições impostas pelo ambiente afetam a sua distribuição e, junto com padrões comportamentais, essas características fazem com que as espécies de formigas se adaptem a diferentes ambientes (Hölldobler e Wilson 1990), o que não acarretará necessariamente em diferenças nos padrões de riqueza encontrados.

Diversos estudos comparando riqueza de espécies de formigas com a estrutura da vegetação apresentam conclusões semelhantes às do presente trabalho (Marinho et al. 2002; Vasconcelos et al. 2008; Freire et al. 2012; Groc et al. 2014), demonstrando que, apesar de diferir da hipótese inicial, a ausência de diferença de riqueza observada entre diferentes estruturas de vegetação não é uma novidade em estudos com ecologia de formigas, e irá depender do quão diferentes são os ambientes.

### **5.3. Composição, riqueza e método**

Apesar de não serem tão acentuadas como para a vegetação, as análises também indicam diferenças na composição de espécies entre métodos de coleta (Figura 7).

O uso de métodos de coleta combinados para a realização de inventários de espécies de formigas é sugerido por inúmeros autores, principalmente para regiões tropicais (Alonso e Agosti 2000; Bestelmeyer et al. 2000; King e Porter 2005). A utilização do mini extrator de Winkler em conjunto com a aplicação dos *pitfalls* de solo é especialmente recomendada, pois o primeiro é eficiente em capturar

espécies de comportamento sedentário e muitas vezes críptico, habitantes da serapilheira do chão de florestas tropicais (espécies hipogéicas), porém falha na coleta de espécies mais ativas e que forrageiam sobre a serapilheira, muitas vezes apresentando um maior porte em relação às espécies crípticas (formigas epigéicas) (Brühl et al. 1999; Sabu et al. 2011). Tal perda de informação é superada pelo uso das armadilhas de queda, que capturam tais espécies (Sabu et al. 2011) e ainda apresentam a vantagem de capturar tanto espécies noturnas quanto diurnas, pois é sugerido que permaneçam em campo por pelo menos 48 h, quando se trata de coletas de formigas (Alonso e Agosti 2000).

Muitos estudos foram conduzidos nos últimos anos com o objetivo de avaliar metodologias de coleta para a obtenção de inventários de espécies de formigas a baixo custo e de forma rápida. Trabalhando em florestas tropicais úmidas de regiões montanhosas de Madagascar, Fisher (1996, 1999) encontrou resultados que favorecem o uso de mini extratores de Winkler em relação às armadilhas de queda para florestas úmidas, pois os *pitfalls* coletaram menos espécies e muitas destas também foram amostradas pelos extratores. O próprio autor concluiu que essa situação está relacionada com o menor número de espécies ativas e de maior porte nas regiões montanhosas de Madagascar, como aquelas pertencentes à subfamília Ponerinae. Resultados similares foram obtidos por Sabu et al. (2011), que conduziram coletas de artrópodes de serapilheira numa região montanhosa da Índia também composta por floresta tropical úmida.

Da mesma forma, o presente estudo demonstrou que nos pontos amostrais em mata, as coletas de serapilheira foram superiores em detrimento aos *pitfalls* de solo quanto à riqueza de espécies coletadas (Figura 8). Essa observação tem relação com a eficiência de captura dos dois métodos de coleta. Enquanto que nos dois períodos de amostragem as coletas de serapilheira capturaram ao menos um exemplar de formiga em todos os pontos amostrais, em 2014 seis dos 26 *pitfalls* de solo em mata analisados não tiveram ocorrência de formigas, enquanto que em 2015 essa proporção aumentou para oito de 23. Considerando os dois anos de coleta, três pontos amostrais não tiveram registro de formigas em *pitfalls* de solo em momento algum.

Parr e Chown (2001), coletando formigas em savanas na África do Sul com o objetivo de comparar a eficiência de extratores de Winkler e *pitfalls* de solo, encontraram um padrão diferente nos seus resultados. O estudo mostrou que para regiões de savana, onde a quantidade de serapilheira é menor e a mirmecofauna apresenta boa presença de espécies muito ativas e de maior porte, os *pitfalls* tiveram melhor



desempenho para acessar a composição e riqueza de espécies de formigas, em detrimento das coletas de serapilheira.

Dos 19 *pitfalls* de solo instalados no ambiente de campo no PNSJ, apenas um em cada período de amostragem não apresentou registro de formigas, o que demonstra a eficiência dessa metodologia de coleta nos ambientes campestres.

Por outro lado, diversos autores destacam a importância do uso combinado de métodos de coleta. Romero e Jaffe (1989) conduziram coletas em regiões de savana na Venezuela, com o objetivo de comparar a eficiência de diferentes métodos de amostragem, como *pitfalls* iscados, coletas intensivas em quadrantes e coletas manuais. Os autores concluíram que cada método empregado acessa um componente diferente da comunidade de formigas e recomendam o uso combinado de técnicas de amostragem.

Olson (1991), avaliando a eficiência de *pitfalls* de solo e coletas de serapilheira para a obtenção de inventários de espécies de formigas em áreas de floresta tropical na Costa Rica, sugere que as duas técnicas podem ser utilizadas de forma combinada. Embora os mini extratores de Winkler tenham coletado mais indivíduos e espécies, os *pitfalls* de solo acessaram uma fauna de formigas diferenciada, caracterizada por operárias de maior porte e espécies mais ativas (Olson 1991).

No Brasil, Lopes e Vasconcelos (2008) realizaram um trabalho de avaliação de três métodos de amostragem (Winkler, *pitfall* e isca de sardinha) para coletas de formigas no Cerrado brasileiro, em áreas de Cerrado *sensu stricto* e formações florestais. Os *pitfalls* se mostraram superiores na primeira formação, enquanto a extração de serapilheira foi mais vantajosa na segunda. Ambas foram muito superiores ao uso de iscas de sardinha.

Silva et al. (2013) conduziram coletas de formigas no Pantanal do Mato Grosso, Brasil, com o objetivo de avaliar a eficiência de amostragem de formigas do solo dos mini extratores de Winkler e *pitfalls* de solo. Os resultados encontrados indicaram uma interessante complementariedade entre os métodos, sendo ambos aplicados tanto em áreas florestadas quanto campos abertos.

Conforme apresentado na Tabela 2, das 60 espécies aqui coletadas, 14 foram exclusivas de coletas com *pitfalls* de solo e 14 das amostras de serapilheira. Isso significa que, se qualquer um dos dois métodos de coleta for excluído, o número de espécies registradas teria uma queda de cerca de 23% do total aqui apresentado. Tais dados demonstram a complementariedade desses dois métodos de coleta para a fauna de formigas da Mata Atlântica.

Todos esses trabalhos demonstram que a composição de espécies de formigas observada em diferentes regiões e ecossistemas é estreitamente relacionada com o método de coleta usado, e que a eficiência dos métodos varia de acordo com o contexto (Romero e Jaffe 1989; Olson 1991; Lopes e Vasconcelos 2008; Silva et al. 2013). A coleta de serapilheira apresenta uma superioridade para amostrar formigas em ambientes florestais (Fisher 1996, 1999; Sabu et al. 2011), enquanto que o *pitfall* de solo é favorecido em ambientes mais abertos, como savanas e Cerrado *sensu stricto* (Parr e Chown 2001).

Embora a amostragem de serapilheira em áreas de campo tenha sido aplicada aqui em apenas um ponto amostral e somente no ano de 2015, alguns trabalhos mais recentes têm mostrado que o uso dessa técnica em ecossistemas campestres é possível (Silva et al. 2013; Cantarelli et al. 2015; Hosoishi et al. 2015). Surpreendentemente, a única amostra nessa condição aqui apresentada registrou nove espécies. Apesar de nenhum desses registros serem exclusivos, alguns representam espécies com frequência relativamente baixa no presente estudo, casos de *Pheidole radoszkowskii*, *Pheidole rosae*, *Strumigenys* aff. *louisianae* e *Wasmannia williamsoni*.

## **6. Conclusão**

Amostragens em regiões até hoje pouco exploradas aumentam o espectro de conhecimento acerca da mirmecofauna local, levando ao registro de novas ocorrências. Identificar essas áreas carentes de estudos e incentivar tais pesquisas são essenciais para complementar o conhecimento atual da biodiversidade. A fauna de formigas coletada em regiões de altitude da Mata Atlântica apresenta diferenças de composição em relação às formações vegetais amostradas, o que demonstra a importância de estudos envolvendo os vários ecossistemas da Mata Atlântica. Da mesma forma, o uso de métodos de coleta que acessam diferentes estratos dentro de cada hábitat reflete na composição de espécies encontrada, reforçando a necessidade do uso de metodologias complementares para amostrar a diversidade de formigas, especialmente em ambientes tropicais, onde a biodiversidade ainda é pouco conhecida.

## 7. Referências

- Albuquerque, N. L. e C.R.F. Brandão. 2004. A revision of the Neotropical Solenopsidini ant genus *Oxyepoecus* Santschi, 1926 (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). 1. The *Vezenyii* species-group. *Papeis Avulsos de Zoologia* (São Paulo) 44: 55-80.
- Albuquerque, N. L. e C.R.F. Brandão. 2009. A revision of the Neotropical Solenopsidini ant genus *Oxyepoecus* Santschi, 1926 (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). 2. Final. Key for species and revision of the *Rastratus* species-group. *Papeis Avulsos de Zoologia* (São Paulo) 49: 289-309.
- Alonso, L. E. e D. Agosti. 2000. Biodiversity studies, monitoring and ants: an overview; pp. 1-8, in: D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso e T. R. Schultz (eds.). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Alvares, C. A., J. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. M. Gonçalves e G. Sparovek. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22(6): 711-728. doi: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Anderson, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.
- Anderson, M. J. 2006. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics* 62: 245-253. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-0420.2005.00440.x>
- Anderson, M. J., K. E. Ellingsen e B. H. McArdle. 2006. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters* 9: 683-693. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00926.x>
- Arias-Penna, T. M. e F. Fernández. 2008. Subfamilia Heteroponerinae; pp. 109-117, in: E. Jiménez, F. Fernández, T. M. Arias e F. H. Lozano-Zambrano (eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Baccaro, F. B., R. M. Feitosa, F. Fernandez, I. O. Fernandes, T. J. Izzo, J. L. P. Souza e R. Solar. 2015. *Guia para os gêneros de formigas do Brasil*. Manaus: Editora Inpa. 388 pp.
- Begon, M., C. R. Townsend e J. L. Harper. 2007. *Condições*; pp. 30-57, in: M. Begon, C. R. Townsend e J. L. Harper. *Ecologia*. Porto Alegre: Artmed.
- Behling, H. 1995. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). *Vegetation History and Archaeobotany* 4: 127-152.
- Bestelmeyer, B. T., D. Agosti, L. E. Alonso, C. R. F. Brandão, W. L. Brown Jr, J. H. C. Delabie e R. Silvestre. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description and evaluation; pp. 122-144, in: D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso e T. R.

Schultz (eds.). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington: Smithsonian Institution Press.

Blüthgen, N. e H. Feldhaar. 2010. Food and shelter: how resources influence ant ecology; pp. 115-136, in: L. Lach, C. L. Parr and K. L. Abbott (eds.). *Ant ecology*. New York: Oxford University Press.

Blüthgen, N., M. Verhaagh, W. G. K. Jaffé, W. Morawetz e W. Barthlott. 2000. How plants shape the ant community in the Amazonian rainforest canopy: the key role of extrafloral nectaries and homopteran honeydew. *Oecologia* 125: 229-240. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s004420000449>

Bolton, B. 2000. The ant tribe Dacetini. *Memoirs of the American Entomological Institute* 65: 1-1028.

Bolton, B. 2016. Formicidae. An online catalog of the ants of the world. Acessado em <http://antcat.org>, 09 Maio 2016.

Borcard, D., F. Gillet e P. Legendre. 2011. Unconstrained ordination; pp. 115-152, in: R. Gentleman, K. Hornik e G. G. Parmigiani (eds.). *Numerical ecology with R*. New York: Springer.

Brandão, C. R. F. 1999. Formicidae; pp. 213-223, in: C. R. F. Brandão e E. M. Cancelo (eds.). *Invertebrados terrestres*. São Paulo: FAPESP.

Brandão, C. R. F., R. R. Silva e J. H. C. Delabie. 2009. Formigas (Hymenoptera); pp. 323-370, in: A. R. Panizzi e J. R. P. Parra (eds.). *Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.

Brühl, C. A., M. Mohamed e 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.

Cantarelli, E. B., M. D. Fleck, F. Granzotto, J. N. Corassa e M. d'Avila. 2015. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em diferentes sistemas de uso do solo. *Ciência Florestal* 25(3): 607-616. doi: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509819612>

Colwell, R. K. 2013. *EstimateS*, Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL <http://purl.oclc.org/estimates>

Corrêa, M. M., W. D. Fernandes e I. R. Leal. 2006. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal Sul Matogrossense: relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. *Neotropical Entomology* 35(6): 724-730.

Cuezzo, F., L. A. Calcaterra, L. Chifflet e P. Follett. 2015. *Wasmannia* Forel (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae) in Argentina: systematics and distribution. *Sociobiology* 62(2): 246-265.

Delabie, J. H. C., D. Agosti, e I. C. Nascimento. 1999. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region; pp. 1-18, in: D. Agosti, J. Majer, L. Alonso e T. Schultz (eds.). *Sampling ground-dwelling ants: case studies from the World's Rain Forests*. Perth: School Of Environmental Biology Bulletin.

Delabie, J. H. C., W. D. Rocha, T. E. D. Marques e C. S. F. Mariano. 2015. Importância das formigas em estudos de biodiversidade e o papel desses insetos nos ecossistemas; pp. 55-72, in: S. S. Suguituru, M. S. C. Morini, R. M. Feitosa e R. R. Silva (eds.). *Formigas do Alto Tietê*. São Paulo: Canal6 Editora.

Del-Claro, K., V. Rico-Gray, H. M. Torezan-Silingardi, E. Alves-Silva, R. Fagundes, D. Lange, W. Dáttilo, A. A. Vilela, A. Aguirre e D. Rodriguez-Morales. 2016. Loss and gains in ant-plant interactions mediated by extrafloral nectar: fidelity, cheats, and lies. *Insectes Sociaux*. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00040-016-0466-2>

Fernandes, L. A. e M. Omena. 2015. *Caracterização básica*. Urubici: Ministério do Meio Ambiente. 55 pp.

Fernández, F (ed.). 2003. *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Xxv + 419 pp.

Fernández, F. 2008. Sunfamily Ponerinae s. str; pp. 123-218, in: E. Jiménez, F. Fernández, T. M. Arias e F. H. Lozano-Zambrano (eds.). *Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Fisher, B. L. 1996. Ant diversity patterns along an elevational gradient in the Réserve Naturelle Intégrale d'Andringitra, Madagascar. *Fieldiana Zoology* 85: 93-108.

Fisher, B. L. 1999. Improving inventory efficiency: a case study of leaf-litter ant diversity in Madagascar. *Ecological Applications* 9(2): 714-731.

Fisher, B. L. e H. G. Robertson. 2002. Comparison and origin of forest and grassland ant assemblages in the High Plateau of Madagascar (Hymenoptera: Formicidae). *Biotropica* 34(1): 155-167.

Fittkau, E. J. e H. Klinge. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian Rain Forest Ecosystem. *Biotropica* 5(1): 2-14.

Frank, H. T., M. E. B. Gomes e M. L. L. Formoso. 2009. Review of the areal extent and the volume of the Serra Geral Formation, Paraná Basin, South America. *Pesquisas em Geociências* 36(1): 49-57.

Freire, C. B., G. V. Oliveira, F. R. S. Martins, L. E. C. Souza, L. S. Ramos-Lacau e M. M. Corrêa. 2012. Riqueza de formigas em áreas preservadas e em regeneração de caatinga arbustiva no sudoeste da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 10(1): 131-134.

Gasper, A. L., L. Sevegnani, A. C. Vibrans, M. Sobral, A. Uhlmann, D. V. Lingner, M. J. Rigon-Júnior, M. Verdi, A. Stival-Santos, S. Dreveck e A. Korte. 2013. *Inventário florístico florestal de Santa Catarina: espécies da Floresta Ombrófila Mista – Flora of the mixed*

ombrophylous forest in Santa Catarina state, according of the forest and floristic inventory of Santa Catarina. *Rodriguesia* 64(2): 201-210.

Gonçalves, C. R. 1961. O gênero *Acromyrmex* no Brasil (Hym. Formicidae). *Studia Entomologica* 4: 113-180.

Groc, S., J. H. C. Delabie, F. Fernández, M. Leponce, J. Orivel, R. Silvestre, H. L. Vasconcelos e A. Dejean. 2014. Leaf-litter ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in a pristine Guianese rainforest: stable functional structure versus high species turnover. *Myrmecological News* 19: 43-51.

Hölldobler, B. e E. O. Wilson. 1986. Soil-binding pilosity and camouflage in ants of the tribe Basicerotini and Stegomyrmecini (Hymenoptera, Formicidae). *Zoomorphology* 106: 12-20. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/bf00311942>

Hölldobler, B. e E. O. Wilson. 1990. The ants. Massachusetts: Belknap Press. 732 pp.

Hosoishi, S., W. Tasei, S-H. Park, A. Le Ngoc, Y. Kuboki e K. Ogata. 2015. Annual fire resilience of ground-dwelling ant communities in Hiraodai Karst Plateau grassland in Japan. *Entomological Science* 18: 254-261. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/ens.12117>

IBGE. 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE. 275 pp.

Jouquet, P., J. Dauber, J. Lagerlo, P. Lavelle e M. Lepage. 2006. Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Applied Soil Ecology* 32: 153-164.

Ketterl, J., M. Verhaagh e B. H. Dietz. 2004. *Eurhopalothrix depressa* sp. n. (Hymenoptera: Formicidae) from Southern Brazil with a key to the Neotropical taxa of the genus. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 39(1): 45-48. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01650520412331270954>

King, J. R. e S. D. Porter. 2005. Evaluation of sampling methods and species richness estimators for ants in upland ecosystems in Florida. *Entomological Society of America* 34(6): 1566-1578.

Klein, R. M. 1978. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina; pp. 1-24, in: R. Reitz (ed.). *Flora Ilustrada Catarinense*. Florianópolis: FATMA & Herbário Barbosa Rodrigues.

Koch, E. B. A., F. Camarota e H. L. Vasconcelos. 2016. Plant ontogeny as a conditionality factor in the protective effect of ants on a Neotropical tree. *Biotropica* 48(2): 198-205.

Kusnezov, N. 1952. El género *Wasmannia* en la Argentina (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Lilloana del Instituto Miguel Lillo* X: 173-182.

Latke, J. E., F. Fernández e E. E. Palacio. 2007. Identification of the species of *Gnamptogenys* Roger in the Americas; pp. 254-270, in: R. R. Snelling, B. L. Fisher e P. S. Ward (eds.). *Advances in ant systematics (Hymenoptera: Formicidae): homage to E. O. Wilson – 50 years of contributions*, 80. Gainesville: Memoirs of the American Entomological Institute.

Leite, P. F. 2002. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. *Ciência & Ambiente* 24: 51-63.

Leite, P. F. e R. M. Klein. 1990. Geografia do Brasil 2: 1-420. Rio de Janeiro: IBGE.

Lewinsohn, M. T. e P. I. Prado. 2003. Biodiversity of Brazil: a synthesis of the current state of knowledge; pp. 11-20, in: MMA (eds.). Evaluation of the state of knowledge on biological diversity in Brazil: Executive Summary. Brasília: MMA.

Longino, J. T. 2000. What to Do with the Data; pp. 186-203, in: D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso e T. R. Schultz (eds.). Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Washington: Smithsonian Institution Press.

Longino, J. T. 2013. A review of the Central American and Caribbean species of the ant genus *Eurhopalothrix* Brown and Kempf, 1961 (Hymenoptera, Formicidae), with a key to New World species. *Zootaxa* 3693: 101-151.

Longino, J. T. 2013. A revision of the ant genus *Octostruma* Forel, 1912 (Hymenoptera, Formicidae). *Zootaxa* 3699: 1-61.

Longino, J. T. e F. Fernández. 2007. Taxonomic review of the genus *Wasmannia*; pp. 271-289, in: R. R. Snelling, B. L. Fisher e P. S. Ward (eds.). Advances in ant systematics (Hymenoptera: Formicidae): homage to E. O. Wilson – 50 years of contributions, 80. Gainesville: Memoirs of the American Entomological Institute.

Lopes, C. T. e H. L. Vasconcelos. 2008. Evaluation of three methods for sampling ground-dwelling ants in the Brazilian Cerrado. *Neotropical Entomology* 37(4): 399-405.

Magnusson, W. E., A. P. Lim, R. Luizão, F. Luizão, F. R. C. Costa, C. V. Castilho e V. F. Kinupp. 2005. RAPELD: uma modificação do método de Gentry para inventários de biodiversidade em sítios para pesquisa ecológica de longa duração. *Biota Neotropica* 5(2): 1-6.

Marinho, C. G. S., R. Zanetti, J. H. C. Delabie, M. N. Schindwein e L. S. Ramos. 2002. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology* 31(2): 187-195.

Marques, G. D. V. e K. Del-Claro. 2006. The ant fauna in a Cerrado area: the influence of vegetation structure and seasonality (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 47(1): 1-18.

Matos, J. Z., C. N. Yamanaka, T. T. Castellani e B. C. Lopes. 1994. Comparação da fauna de formigas de solo em áreas de plantio de *Pinus elliottii*, com diferentes graus de complexidade estrutural (Florianópolis, SC). *Biotemas* 7(1 e 2): 57-64.

Mayhé-Nunes, A. J. 2015. Importância da taxonomia de formigas em estudos de biodiversidade; pp. 45-53, in: S. S. Sugituru, M. S. C. Morini, R. M. Feitosa e R. R. Silva (eds.). Formigas do Alto Tietê. São Paulo: Canal6 Editora.



Mayhé-Nunes, A. J. e C. R. F. Brandão. 2005. Revisionary studies on the attine ant genus *Trachymyrmex* Forel. Part 2: the Iheringi group (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 45: 271-305.

Milani, E. J., J. H. G. Melo, P. A. Souza, L. A. Fernandes e A. B. França. 2007. Bacia do Paraná. *B. Geoci. Petrobras* 15(2): 265-287.

Ness, J., K. Mooney e L. Lach. 2010. Ants as mutualists; pp. 97-114, in: L. Lach, C. L. Parr and K. L. Abbott (eds.). *Ant ecology*. New York: Oxford University Press.

Oksanen, J., F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, Ga. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens e H. Wagner. 2016. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-5. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

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(2): 166-172.

Parr, C. L., S. L. Chown. 2001. Inventory and bioindicator sampling: testing pitfall and Winkler methods with ants in a South African Savanna. *Journal of Insect Conservation* 5: 27-36.

Ribas, C. R., J. H. Schoederer, M. Pic e S. M. Soares. 2003. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. *Austral Ecology* 28: 305-314.

R Core Team. 2016. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Acessado em <http://www.R-project.org/>, 2016.

Rico-Gray, V. e P. S. Oliveira. 2007. *The ecology and evolution of ant-plant interactions*. Chicago: University of Chicago Press. 320 pp.

Romero, H. e K. Jaffe. 1989. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera, Formicidae) in Savannas. *Biotropica* 21(4): 348-352.

Rosado, J. L. O., M. G. Gonçalves, W. Dröse, E. J. E. Silva, R. F. Krüger, R. M. Feitosa e A. E. Loeck. 2012. Epigeic ants (Hymenoptera: Formicidae) in vineyards and grassland areas in the Campanha region state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Check List* 8(6): 1184-1189. 8(6): 1184-1189.

Rosumek, F. B., F. A. O. Silveira, F. S. Neves, N. P. U. Barbosa, L. Diniz, Y. Oki, F. Pezzini, G. W. Fernandes e T. Cornelissen. 2009. Ants on plants: a meta-analysis of the role of ants as plant biotic defenses. *Oecologia* 160: 537-539. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-009-1309-x>

Sabu, T. K., R. T. Shiju, K. V. Vinod e S. Nithya. 2011. A comparison of the pitfall trap, Winkler extractor and Berlese funnel for sampling ground-dwelling arthropods in tropical montane cloud forests. *Journal of Insect Science* 11(28): 1-19.

Silva, F. H. O., J. H. C. Delabie, G. B. dos Santos, E. Meurer e M. I. Marques. 2013. Mini-Winkler extractor and pitfall trap as complementary methods to sample Formicidae. *Neotropical Entomology* 42: 351-358. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s13744-013-0131-7>

Silva, R. R. 1999. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) do oeste de Santa Catarina: histórico de coletas e lista atualizada das espécies do Estado de Santa Catarina. *Biotemas* 12: 75-100.

Ulysséa, M. A., C. E. Cereto, F. B. Rosumek, R. R. Silva e B. C. Lopes. 2011. Updated list of ant species (Hymenoptera, Formicidae) recorded in Santa Catarina State, southern Brazil, with a discussion of research advances and priorities. *Revista Brasileira de Entomologia* 55(4): 603-611.

Vasconcelos, H. L. e J. M. S. Vilhena. 2006. Species turnover and vertical partitioning of ant assemblages in the Brazilian Amazon: a comparison of Forests and Savannas. *Biotropica* 38(1): 100-106. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00113.x>

Vasconcelos, H. L., M. F. Leite, J. M. S. Vilhena, A. P. Lima e W. E. Magnusson. 2008. Ant diversity in an Amazonian savanna: Relationship with vegetation structure, disturbance by fire, and dominant ants. *Austral Ecology* 33: 221-231. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2007.01811.x>

Warton, D. I., S. T. Wright e Y. Wang. 2012. Distance-based multivariate analyses confound location and dispersion effects. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 89-101. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00127.x>

Watkins, J. F. 1976. The identification and distribution of New World army ants (Dorylinae: Formicidae). Waco: Baylor University Press. 102 pp.

Wickham H. 2011. The split apply combine strategy for data analysis. *Journal of Statistical Software* 40(1): 1-29.

Wild, A. L. 2007. Taxonomic revision of the ant genus *Linepithema* (Hymenoptera: Formicidae). University of California Publications in Entomology 126: 1-151.

Wilson, E. O. 2003. *Pheidole* in the New World. A dominant, hyperdiverse ant genus. Massachusetts: Harvard University Press. ix + 794 pp.