

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

Carlos Eduardo Cereto

**ASPECTOS ECOLÓGICOS DA MIRMECOFAUNA EM  
COMUNIDADES DE RESTINGAS NA ILHA DE SANTA  
CATARINA, SUL DO BRASIL: COMPOSIÇÃO, DENSIDADE DE  
ESPÉCIES E INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS**

Dissertação submetida ao Programa  
de Pós-Graduação em Ecologia  
da Universidade Federal de Santa  
Catarina, como parte dos requisitos  
para a obtenção do título de Mestre em  
Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Benedito Cortês  
Lopes

Florianópolis  
2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da  
Universidade Federal de Santa Catarina

C414a Cereto, Carlos Eduardo

Aspectos ecológicos da mirmecofauna em comunidades de restingas na Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil [dissertação] : composição, densidade de espécies e influência de fatores ambientais / Carlos Eduardo Cereto ; orientador, Benedito Cortês Lopes. - Florianópolis, SC, 2011.  
141 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia.

Inclui referências

1. Ecologia. 2. Biodiversidade. 3. Formiga - Santa Catarina, Ilha de (SC) - Sociedades. 4. Formiga - Santa Catarina, Ilha de (SC) - Habitat. I. Lopes, Benedito Cortês. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. III. Título.

CDU 577.4





## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela oportunidade oferecida e bolsa concedida.

Agradeço também a meu orientador, o Benê, e aos membros da banca examinadora, Malva, Nivaldo, Rogério e Paulo, por tudo que já me ensinaram em todo o processo de minha formação acadêmica e, especialmente, na elaboração dessa dissertação.

Agradeço ainda a todos meus colegas que me ajudaram nas campanhas de coleta, sem eles nada disso seria possível, e não foram poucos: Caroline, Cássio, Renato, Fabrício, Breno, Guilherme, Pititinga, Cícero, Chitão, Monga, Schmidt, João Vicente e Juliano. No mais, estendo essa gratidão a todos meus colegas de mestrado, departamento e amigos pela vida.

Agradeço também aos integrantes do Laboratório de Hymenoptera do Museu de Zoologia da USP pela agradável recepção e ajuda nas identificações das espécies, em especial ao Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão, Rogério Rosa da Silva, Rodrigo dos Santos Machado Feitosa.

Para finalizar, deixo claro que serei eternamente grato aos meus pais, Carlos e Zélia, e ao meu irmão, Júnior, pelo carinho de sempre e apoio incondicional em todas minhas escolhas, sobretudo as profissionais.



## RESUMO

As comunidades podem ser afetadas por fatores bióticos e abióticos que determinam muitas vezes a distribuição e abundância dos organismos nos ecossistemas. As restingas são formadas por um conjunto de ecossistemas situados na costa brasileira que apresentam algumas condições estressantes aos organismos, como a baixa retenção de água pelo solo arenoso e a influência da salinidade. As diferentes fitofisionomias encontradas nas restingas apresentam diferenças estruturais que refletem as diferentes condições micro-climáticas que são fundamentais para a distribuição das espécies animais. As formigas são consideradas um dos grupos animais mais exitosos e importantes em ecossistemas terrestres, no entanto existem poucos trabalhos que investigam a relação da mirmecofauna com as diferentes fisionomias vegetais que encontramos nas restingas. A hipótese da heterogeneidade ambiental prevê que habitats mais complexos oferecem condições para a existência de um maior número de espécies. Nesse trabalho, essa hipótese foi testada investigando diferentes atributos ecológicos para a mirmecofauna epigéica em três fitofisionomias (herbácea, arbustiva, arbórea) de diferentes áreas de restingas da Ilha de Santa Catarina, ambiente para o qual já foi descrito um aumento gradativo da complexidade estrutural do habitat, principalmente em relação à vegetação. Nesse estudo, dividido em três capítulos, comparamos a composição, densidade de espécies e influência de variáveis ambientais sobre a mirmecofauna epigéica nas diferentes fitofisionomias que encontramos em diferentes áreas de restinga na Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil.

No primeiro capítulo, foi testada a hipótese que a composição das espécies de formigas varia de acordo com as fisionomias, acompanhando diferenças estruturais que já são bem descritas na literatura, principalmente em relação à composição da vegetação. Armadilhas *pitfall* foram utilizadas para a coleta de 101 espécies pertencentes a 35 gêneros e oito subfamílias, ao longo das fisionomias vegetais. Nossa hipótese foi suportada por análises multivariadas que mostraram uma similaridade maior entre a mirmecofauna presente nas mesmas fisionomias, independentemente das áreas amostradas. As análises sugerem ainda que alguns gêneros de formigas possam estar associados a determinadas fitofisionomias, possivelmente como reflexo tanto das características estruturais desses habitats, quanto das preferências por recursos e condições intrínsecas a cada espécie.

No segundo capítulo, foi testada a hipótese de que na existência

de diferenças na complexidade estrutural entre as três fitofisionomias (herbácea, arbustiva, arbórea), aquelas consideradas mais complexas suportariam maior densidade de espécies. A princípio, não foi encontrada diferença estatística significativa entre a densidade de espécies nas diferentes fitofisionomias; no entanto, foi observada uma tendência, já relatada em outros trabalhos, de que a fitofisionomia herbácea (menor complexidade) apresente densidades de espécies menores que as demais. Esse padrão pode não ter sido detectado devido a um viés inerente à metodologia de coleta, já que armadilhas *pitfall* sub amostram, principalmente, formigas relacionadas à serrapilheira, que é mais abundante nas fitofisionomias arbustivas e arbóreas.

No terceiro capítulo, o objetivo foi caracterizar as diferentes fitofisionomias das restingas de acordo com algumas variáveis ambientais (profundidade de serrapilheira, cobertura do solo por serrapilheira e vegetação, abundância de bromélias e altura da vegetação) e avaliar como essas variáveis ambientais, ou conjunto de variáveis, presentes no micro-habitat onde as formigas vivem, podem influenciar composição e densidade de espécies de formigas ao longo das diferentes fitofisionomias das restingas. Foi observado um gradiente de complexidade estrutural, com base nas variáveis mensuradas, que se refletem, principalmente, na composição da mirmecofauna encontrada nas diferentes fitofisionomias. As análises indicam que a presença e/ou volume de serrapilheira podem ter uma relação positiva com a densidade de espécies e, principalmente, atuar como uma estrutura chave na determinação da distribuição das espécies ao longo das fitofisionomias.

Como um adendo, ainda são apresentadas informações complementares sobre as espécies de formigas que foram consideradas típicas das diferentes fitofisionomias estudadas, além de comentários sobre a viabilidade e consequências da utilização das armadilhas *pitfall* para a coleta de formigas epigéicas em restingas.

Palavras-chave: biodiversidade, comunidade de formigas, fitofisionomias, composição de espécies, complexidade ambiental, complexidade de habitat, densidade de espécies.



## ABSTRACT

Communities can be affected by biotic and abiotic factors that often determine the distribution and abundance of organisms in ecosystems. The restingas are formed by a set of ecosystems located along the Brazilian coast that have some stressful conditions for organisms, such as low water retention in sandy soil and the influence of salinity. The different vegetation types found in restingas have structural differences that reflect the different micro-climatic conditions that are fundamental to distribution of animal species. Ants are considered one of the most successful and important animals group in terrestrial ecosystems, yet there are few studies investigating the relationship of the ant fauna and the different vegetation types founded in restingas. The heterogeneity hypothesis predicts that more complex habitats provide conditions for the existence of a greater number of species. In this work, this hypothesis was tested by investigating different ecological attributes for the epigeic ant fauna in three vegetation types (herbaceous restinga, shrub restinga and restinga forest) in different areas of restingas in the Island of Santa Catarina, it has been described a gradual increase in structural complexity of habitat, in this ecosystem, especially in relation to vegetation. In this study, divided into three chapters, we compared the composition, species density and influence of environmental factors on epigeic ant fauna in different vegetation types that we find in different areas of dunes on the Island of Santa Catarina, southern Brazil.

In the first chapter, we tested the hypothesis that ant species composition varies with the different vegetation types, following structural differences that are already well described in literature, especially in relation to vegetation composition. *pitfall* traps were used for the collection of 101 species belonging to 35 genera and eight subfamilies, along the different vegetation types. Our hypothesis was supported by multivariate analysis that showed a greater similarity between the ant fauna present in the same vegetation types, regardless of the sampled areas. The analysis also suggests that some genera of ants may be associated with certain vegetation types, possibly reflecting both the structural characteristics of these habitats, and preferences for resources and conditions intrinsic to each species.

In the second chapter, we tested the hypothesis that the species density would be greater in the vegetation types considered most structurally complex. At first, there was no statistically significant difference between the density of species in different vegetation types,

however, there was a tendency, also reported in other studies, that the herbaceous vegetation types (low complexity) present smaller species densities than the others. This pattern may not have been detected due to a sampling bias. It is known that *pitfall* traps subsample ant species linked to leaf litter, which are more abundant in shrub and tree vegetation types.

In the third chapter, the goal was to characterize the different vegetation types of restingas, according to some environmental variables (depth of litter, ground cover by litter and vegetation, abundance of bromeliads and vegetation height) and evaluate how these environmental variables, or set of variables present in the ants microhabitat, can influence the ant composition and species density along the different vegetation types. We observed a gradient of structural complexity, based on the variables measured, which primarily reflect the composition of the ant fauna found in different vegetation types. The analysis indicates that the presence and / or volume of litter can have a positive relationship with the species density and mainly act as a key structure in determining the distribution of ant species along the vegetation types in the restinga ecosystems.

As an addendum, are still presented additional information on the ant species that were considered typical species of the different vegetation types studied, as well as comments on the feasibility and consequences of the use of *pitfall traps* to collect epigaeic ants on the restinga environment.

Keywords: biodiversity, ant communities, vegetation types, species composition, environmental complexity, habitat complexity, species density.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1 - Área de estudo. Mapa do Brasil evidenciando a localização do estado de Santa Catarina e da Ilha de Santa Catarina, com destaque para as áreas de estudo: Moçambique, Lagoa Pequena e Pântano do Sul.....40
- Figura 2 - Diferentes fitofisionomias das restingas da Ilha de Santa Catarina. A – Fitofisionomia herbácea/subarbusativa. B – Fitofisionomia arbustiva. C e D– Fitofisionomia Arbórea, com destaque para as epífitas, bromélias e serrapilheira abundante acima do solo.....43
- Figura 3 - Esquema da grade amostral com 20 *pitfalls* dispostos com 10 metros de distância uns dos outros. Em cada campanha de coleta foi montada uma grade em cada fitofisionomia (restinga herbácea, arbustiva e arbórea) em três áreas de estudo (Moçambique, Lagoa Pequena e Pântano do Sul).....45
- Figura 4 - Análise de agrupamento (UPGMA, Bray-Curtis) entre os pontos amostrais, considerando a mirmecofauna de três fitofisionomias em diferentes áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil. A linha tracejada indica a formação dos grupos considerados significativos pelo teste a *posteriori* SIMPROF.....56
- Figura 5 - Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) para a composição de espécies de formigas em três fitofisionomias (Arb – arbórea, Arbt – arbustiva, Herb – herbácea) de restinga em diferentes áreas (LP – Lagoa Pequena, MB – Moçambique, OS – Pântano do Sul) da Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil.....57

### CAPÍTULO 2

- Figura 1 - Área de estudo. Mapa do Brasil evidenciando a localização do estado de Santa Catarina e da Ilha de Santa Catarina, com destaque para as áreas de estudo: Moçambique, Lagoa Pequena e Pântano do Sul.....40
- Figura 2 - Diferentes fitofisionomias das restingas da Ilha de Santa Catarina. A – Fitofisionomia herbácea/subarbusativa. B – Fitofisionomia arbustiva. C e D– Fitofisionomia Arbórea, com destaque para as epífitas, bromélias e serrapilheira abundante acima do solo.....43
- Figura 3 - Curva de acumulação de espécies esperadas pelo método Mao Tau (*sample-based rarefaction*) calculada para as diferentes áreas

de restinga na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC. As linhas pontilhadas indicam um intervalo de confiança de 95%.....	85
Figura 4 - Curva de acumulação de espécies esperadas pelo método Mao Tau ( <i>sample-based rarefaction</i> ) calculada para cada uma das fitofisionomias das diferentes áreas de restinga na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Para melhor visualização os intervalos de confiança gerados pela análise foram omitidos. (LP – Lagoa Pequena, MB – Moçambique, PS – Pântano do Sul, Arb – Arbórea, Arbt – Arbustiva, Herb – Herbácea).....	86
Figura 5 - Total de espécies observadas (Mao Tau) com os respectivos intervalos de confiança (95%), considerando o total de armadilhas (n=40), para cada uma das fitofisionomias das diferentes áreas de restinga na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC. (LP – Lagoa Pequena, MB – Moçambique, PS – Pântano do Sul, Arb – Arbórea, Arbt – Arbustiva, Herb – Herbácea).....	87

### CAPÍTULO 3

Figura 1 - Área de estudo. Mapa do Brasil evidenciando a localização do estado de Santa Catarina e da Ilha de Santa Catarina, com destaque para as áreas de estudo: Moçambique, Lagoa Pequena e Pântano do Sul.....	40
Figura 2 - Diferentes fitofisionomias das restingas da Ilha de Santa Catarina. A – Fitofisionomia herbácea/subarbustiva. B – Fitofisionomia arbustiva. C e D– Fitofisionomia Arbórea, com destaque para as epífitas, bromélias e serrapilheira abundante acima do solo.....	43
Figura 3 - Esquema da grade amostral com 20 <i>pitfalls</i> dispostos com 10 metros de distância uns dos outros. Em cada campanha de coleta foi montada uma grade em cada fitofisionomia (restinga herbácea, arbustiva e arbórea) em três áreas de estudo (Moçambique, Lagoa Pequena e Pântano do Sul).....	45
Figura 4 - Esquema do desenho amostral para coleta das variáveis ambientais (profundidade e cobertura de serrapilheira, cobertura de vegetação e número de bromélias) junto a cada unidade amostral ( <i>pitfall</i> ). Os pontos pretos indicam os locais onde foi medida a profundidade de serrapilheira em cada um dos quatro quadrados.....	104
Figura 5 - Análise de correspondência canônica (CCA) relacionando as variáveis ambientais mensuradas com a mirmecofauna das diferentes fitofisionomias em três áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, SC. Foram representados os vetores das variáveis ambientais e os pontos amostrais (Herbácea: verde, Arbustiva: vermelho, Arbórea: azul)	

ordenados ao longo dos dois primeiros eixos formados pela CCA.....	111
Figura 6 - Análise de correspondência canônica (CCA) relacionando as variáveis ambientais mensuradas com a mirmecofauna das diferentes fitofisionomias em três áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, SC. Foram representados pontos referentes às 21 espécies que melhor representam a dissimilaridade entre as fitofisionomias, segundo a análise SIMPER, ordenadas ao longo dos dois primeiros eixos formados pela CCA.....	112



## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Formigas registradas em três áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina (Lagoa Pequena, Moçambique e Pântano do Sul), com as respectivas frequências (em porcentagem) com que cada espécie foi capturada nas diferentes áreas e em suas respectivas fitofisionomias (Arb: Arbórea, Arbt: Arbustiva, Herb: Herbácea).....	48
Tabela 2 - ANOSIM comparando a composição das espécies de formigas entre diferentes áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC. São apresentados os valores de <i>R</i> pareados entre as áreas e os respectivos valores de probabilidade ( <i>p</i> ) associados.....	54
Tabela 3 - ANOSIM comparando a composição das espécies de formigas entre diferentes fitofisionomias de restingas da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC. São apresentados os valores de <i>R</i> pareados entre as fitofisionomias e os respectivos valores de probabilidade ( <i>p</i> ) associados.....	55
Tabela 4 - Dissimilaridade média, indicada pela análise SIMPER, entre as diferentes fitofisionomias de três áreas de restingas na Ilha de Santa Catarina, SC.....	57
Tabela 5 - Espécies de formigas que representaram até 90% da contribuição para a dissimilaridade média entre as fitofisionomias determinadas pela análise SIMPER para as restingas da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC.....	58
Tabela 6 - Espécies que contribuíram em até 70% para a similaridade média dentro de cada fitofisionomia determinadas pela análise SIMPER para as restingas da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC.....	61

### CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Total de espécies observadas (Sobs) com os respectivos intervalos de confiança (Mao Tau, 95%), considerando o total de armadilhas (n=40), estimador de espécies Chao 2 e o respectivo desvio padrão (dp), <i>uniques e duplicates</i> para as diferentes fitofisionomias das três áreas de restingas na ilha de Santa Catarina, SC. (Arb = Arbórea, Arbt = Arbustiva), Herb = Herbácea).....	88
---	----

### CAPÍTULO 3

Tabela 1 - ANOSIM comparando as diferentes fitofisionomias de restinga, em três áreas da Ilha de Santa Catarina, SC, em relação ao conjunto de suas variáveis ambientais.....	106
Tabela 2 - ANOSIM comparando as diferentes áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, SC, em relação ao conjunto de suas variáveis ambientais.....	107
Tabela 3 - Valores mínimo e máximo, média e desvio padrão para cada uma das variáveis ambientais mensuradas nas diferentes fitofisionomias de restingas em três áreas da Ilha de Santa Catarina, SC.....	107
Tabela 4 – Análise Kruskal-Wallis para cada uma das variáveis ambientais mensuradas nas diferentes fitofisionomias de restingas em três áreas da Ilha de Santa Catarina, SC. (ns = não significativo, $p > 0,05$ ).....	108
Tabela 5 - Resultados da Análise de Correspondência Canônica para a mirmecofauna em restingas da Ilha de Santa Catarina, SC.....	109
Tabela 6– Resultados das correlações entre a densidade de espécies de formigas e cada uma das variáveis ambientais, e das regressões lineares simples, entre a riqueza de espécies e cada uma das variáveis que apresentaram correlação significativa com a densidade de espécies, Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC.....	110



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>19</b>
1.1 As formigas.....	19
1.2 Restingas: origem e conceituação, aspectos ecológicos e impactos antrópicos.....	21
1.3 As formigas e a comunidade.....	23
1.4 Conhecimento sobre a mirmecofauna das restingas brasileiras.....	25
1.5 REFERÊNCIAS.....	26
<b>2 CAPÍTULO 1 - COMPOSIÇÃO DA MIRMECOFAUNA ASSOCIADA A DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DAS RESTINGAS DA ILHA DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL.....</b>	<b>37</b>
2.1 RESUMO.....	37
2.2 INTRODUÇÃO.....	37
2.3 OBJETIVOS.....	39
2.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
2.5 RESULTADOS.....	47
2.6 DISCUSSÃO.....	62
2.7 REFERÊNCIAS.....	69
<b>3 CAPÍTULO 2 - DENSIDADE DE ESPÉCIES DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS EM RESTINGAS DA ILHA DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL.....</b>	<b>81</b>
3.1 RESUMO.....	81
3.2 INTRODUÇÃO.....	81
3.3 OBJETIVOS.....	83
3.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	83
3.5 RESULTADOS.....	84
3.6 DISCUSSÃO.....	88
3.7 REFERÊNCIAS.....	91
<b>4 CAPÍTULO 3 - EFEITOS DE FATORES AMBIENTAIS SOBRE A MIRMECOFAUNA EM RESTINGAS DA ILHA DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL: COMO A COMPLEXIDADE DO HÁBITAT PODE INFLUENCIAR DENSIDADE E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES?.....</b>	<b>99</b>
4.1 RESUMO.....	99
4.2 INTRODUÇÃO.....	99
4.3 OBJETIVOS.....	102
4.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	102

4.5 RESULTADOS.....	106
4.6 DISCUSSÃO.....	113
4.7 REFERÊNCIAS.....	115
<b>5 ADENDOS.....</b>	<b>123</b>
5.1 COMENTÁRIOS SOBRE ALGUMAS ESPÉCIES QUE FORAM CARACTERÍSTICAS DE CADA FITOFISIONOMIA.....	123
5.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA DE COLETA UTILIZADA.....	130
5.3 REFERÊNCIAS.....	133

# 1 INTRODUÇÃO GERAL

## 1.1 AS FORMIGAS

Todas as formigas pertencem à família Formicidae, dentro da ordem Hymenoptera que também inclui abelhas, vespas e outras formas similares. Trata-se de uma das grandes ordens de insetos juntamente com Coleoptera, Lepidoptera e Diptera, todas com mais de 100.000 espécies descritas em todo o mundo (MASON *et al.*, 2006). Para Hymenoptera, TRIPLEHORN & JOHNSON (2005) apresentam números com cerca de 115.000 espécies descritas e estimativas de 600.000 espécies. Para a região Neotropical, FERNÁNDEZ & SHARKEY (2006) reconhecem 76 famílias e 24.000 espécies para a ordem, número que acreditam ser muito maior.

As formigas caracterizam-se por apresentar: a separação entre o tronco (mesossoma) e o abdômen (gáster) por meio de um segmento estreitado chamado de pecíolo (ou pecíolo e pós-pecíolo, em alguns casos) e o par de antenas do tipo geniculado (isto é, em forma de joelhos) aparecendo nas operárias e rainhas. Outra característica marcante das formigas é a presença da glândula metapleurálica, um par de agrupamentos de células que se abre em câmaras localizadas na parte postero-lateral do tórax. Essa glândula produz o ácido fenilacético, que possui atividade antifúngica e antibacteriana, e possivelmente outras substâncias antibióticas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). A família Formicidae é reconhecida como um táxon monofilético e, provavelmente, tem seu parentesco próximo a Vespidae e Scoliidae. Ainda que a origem exata das formigas não tenha sido esclarecida, é certo que há mais de 100 milhões de anos elas já existiam (FERNÁNDEZ, 2003; WILSON & HÖLLDOBLER, 2005a). Estudos moleculares estimam que as formigas surgiram por volta de 115-135 milhões de anos atrás (WARD, 2007).

O espécime fóssil conhecido como o mais antigo do grupo é *Gerontiformica* cretácica, espécie descrita por NEL *et al.* (2004), do Cretáceo Inferior e conservada em âmbar na França, com datação de cerca de 100 milhões de anos. Uma notícia recente de bastante repercussão na mídia científica e popular foi a descoberta da formiga *Martialis eureka* na Amazônia brasileira, representando um novo gênero e subfamília (Martialinae). Estudos moleculares apontam que Martialinae ocupa uma posição basal na filogenia de Formicidae, sendo grupo irmão de todas as outras subfamílias existentes, sustentando a monofilia do grupo. A

morfologia de *Martialis eureka* indica que a espécie deve ter hábitos predadores e hipogêicos, o que também contribui para a interpretação de que as formigas teriam se originado nesse micro-habitat (RABELING *et al.*, 2008). O estudo ainda aponta que essa linhagem deve existir há cerca de 100 milhões de anos, datação próxima ao fóssil de formigas mais antigo já encontrado (*G. cretatica*) (NEL *et al.*, 2004; WILSON & HÖLLDOBLER, 2005b).

Até o momento, já foram descritas 12.630 espécies de formigas (ANTBASE, 2011) em todo o mundo e espera-se que o número real seja superior a 20.000 espécies. Uma das classificações mais recentes da família Formicidae (BOLTON, 2003) propõe a existência de 21 subfamílias viventes. SAUX *et al.* (2004), com base em estudos de filogenia molecular, excluem a subfamília Apomyrminae e sugerem, então, 20 subfamílias, das quais as 14 a seguir ocorrem no Brasil: Agrocomymecinae, Amblyoponinae, Cerapachyinae, Dolichoderinae, Ectoninae, Ectatomminae, Formicinae, Heteroponerinae, Leptanilloidinae, Myrmicinae, Paraponerinae, Ponerinae, Proceratiinae e Pseudomyrmecinae (FERNÁNDEZ & SENDOYA, 2004). Podemos incluir nessa lista a nova subfamília Martialinae (RABELING *et al.*, 2008), totalizando então para seu território 15 de 21 subfamílias existentes.

Ao longo de mais de 100 milhões de anos, as formigas se converteram em um dos grupos de insetos mais exitosos, o que é verificado por sua onipresença e influência nos ecossistemas terrestres, especialmente nos tropicais. Entretanto, somente o tempo de evolução não é suficiente para explicar essa preponderância das formigas, já que outros grupos de insetos tão antigos (ou mais) não apresentam tamanha abundância. Uma das respostas para o grande sucesso evolutivo das formigas está no seu comportamento social (FERNÁNDEZ, 2003; WILSON & HÖLLDOBLER, 2005b). As formigas são insetos sociais que, para realizar suas complexas atividades, agrupam-se em castas, tais como fêmeas férteis (rainhas), machos alados e fêmeas estéreis sem asas (operárias ou “soldados”). Como regra geral, as fêmeas, após o vôo nupcial, perdem as asas e se esforçam no sentido de fundar um novo formigueiro, enquanto os machos morrem logo após a cópula (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

Consideradas como insetos verdadeiramente sociais (eusociais), as formigas cooperam no cuidado das formas jovens, havendo uma divisão reprodutiva do trabalho, com os indivíduos estéreis trabalhando em prol dos indivíduos férteis. Ocorre ainda, no mínimo, a sobreposição de duas gerações em estágios de vida capazes de contribuir para o trabalho da colônia (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Devido às inúmeras

espécies de formigas ocuparem os mais variados ambientes, seus ninhos podem ser encontrados em todos os micro-habitats disponíveis, como em madeira seca, madeira em decomposição, sob folhas, raízes, sob pedras, em árvores, além de outros ambientes modificados que permitirem a instalação do ninho, como comumente encontramlos nas habitações humanas em frestas de paredes ou azulejos, no forro das casas e até mesmo no interior de aparelhos eletrônicos (CAMPOS-FARINHA *et al.*, 2002; SILVA & LOECK, 2006).

Em relação à alimentação, as formigas, em sua maior parte, são forrageadoras oportunistas e generalistas, alimentando-se principalmente de secreções vegetais, sementes e material animal vivo ou morto (FOWLER *et al.*, 1991; KASPARI, 2000). No entanto, alguns grupos de formigas possuem uma dieta mais especializada, como é o caso da tribo Attini, que cultivam fungos que crescem sobre um substrato composto principalmente por material vegetal e/ou animal recolhido por suas operárias (WEBER, 1972). Outras formigas são particularmente bem adaptadas a uma alimentação líquida (Dolichoderinae e Formicinae), que pode ser obtida diretamente através de nectários extraflorais ou outras estruturas secretoras, ou então através de interações com alguns “homópteros” (Hemiptera: Sternorrhyncha e Auchenorrhyncha) que liberam uma secreção nutritiva conhecida como *honeydew* (DELABIE & FERNÁNDEZ, 2003). Muitos gêneros incluem ainda formigas predadoras, que podem ser generalistas ou especializadas, como por exemplo, em *Cerapachys*, *Neivamyrmex*, *Strumigenys* e *Thaumatomyrmex*, que se alimentam de algum grupo restrito de artrópodes (KASPARI, 2000).

## 1.2 RESTINGAS: ORIGEM E CONCEITUAÇÃO, ASPECTOS ECOLÓGICOS E IMPACTOS ANTRÓPICOS

O termo restinga pode apresentar conotações de sentido geomorfológico, botânico e ecológico, entre outros. Nesse trabalho, o termo restinga é empregado num sentido bastante amplo, de conotação ecológica, como um conjunto de ecossistemas, servindo para designar toda a região que inclua praias, dunas, alagados e baixadas úmidas, assim como suas respectivas comunidades, sejam elas vegetais ou não (ARAÚJO & LACERDA, 1987).

A restinga é incluída pelo Decreto Federal 750/1993 no “domínio Mata Atlântica”, que compreende um conjunto muito diversificado de formações vegetacionais que ocupariam toda a costa litorânea leste do Brasil e que se estendem, em muitos trechos, centenas de quilômetros

em sentido oeste para o interior do país. Restingas e manguezais são duas grandes formações do “domínio Mata Atlântica” que acompanham o Oceano Atlântico e se instalam sobre os sedimentos próximos a ele (FALKENBERG, 1999). Segundo a Minuta de Resolução do IBAMA/SC, a restinga da região Sul do Brasil pode ser definida como “um conjunto de ecossistemas que compreende comunidades florística e fisionomicamente distintas situadas em terrenos predominantemente arenosos, de origem marinha, fluvial, lagunar, eólica ou combinações destas, de idade quaternária, em geral com solos pouco desenvolvidos; tais comunidades formam um complexo vegetacional edáfico e pioneiro que depende mais da natureza do solo que do clima, e encontram-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões associadas, planícies e terraços” (FALKENBERG, 1999).

As restingas são um conjunto de ecossistemas costeiros que apresenta comunidades adaptadas a diversos fatores estressantes, principalmente devido ao solo arenoso, e outros como a salinidade, escassez de nutrientes, intensa movimentação do sedimento e estresse hídrico (CORDAZZO *et al.*, 2006). Exceto pelo regime de chuvas, as restingas apresentam algumas condições semelhantes a regiões desérticas, com baixa retenção de água pelo solo, altos níveis de radiação solar e grande variação da temperatura ao longo do dia (FRANCO *et al.*, 1984). A comunidade vegetal das restingas é composta por distintas fisionomias que apresentam diferenças na composição, hábito das espécies e outras condições que resultam em um gradiente de complexidade estrutural (FALKENBERG, 1999). Essas fisionomias podem estar dispostas em uma zonação oceano-continente ou ocorrer na forma de um mosaico de fitofisionomias, de acordo com a distância do mar, diminuição da influência da salinidade ou em função de gradientes locais de disponibilidade de água (WAECHTER, 1985; FALKENBERG, 1999).

Devido à sua localização ao longo da costa brasileira, os ecossistemas de restinga, apesar de legalmente protegidos, vêm sofrendo redução em suas áreas e degradação por impactos antrópicos (SILVA, 2005). Na Ilha de Santa Catarina não foi diferente e, em cerca de 250 anos de colonização efetiva, houve uma enorme degradação das áreas naturais das restingas. A vegetação de restinga ocupava originalmente cerca de 29,6 km<sup>2</sup>, o que representava 7% da área total da Ilha, mas em 1978, a cobertura já havia sido reduzida em 22,4% (CECCA, 1997). Isso ocorreu principalmente devido à ocupação por loteamentos na orla, na forma de balneários de veraneio e impulsionados pelo imenso turismo existente na região (CARUSO, 1990). Esse turismo em grande escala tem um forte impacto sobre a vegetação das áreas de restinga, e consequentemente

sobre toda a comunidade, o que torna indispensável a realização de estudos de cunho taxonômico e ecológico envolvendo a fauna de vertebrados e invertebrados nesses ambientes (SCHERER, 2004).

### 1.3 AS FORMIGAS E A COMUNIDADE

As formigas são os insetos eusociais mais conspícuos e importantes que existem e sua grande diversidade, abundância e especializações comportamentais fazem delas um excelente sistema modelo para diversas disciplinas dentro das Ciências Biológicas (RABELING *et al.* 2008). Existem muitos trabalhos sobre ecologia de formigas, e descrições gerais podem ser encontradas em algumas compilações (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; KASPARI, 2000; LACH *et al.*, 2010); no entanto, ainda existem muitas perguntas em aberto, e algumas delas envolvem o entendimento de como as populações e comunidades de formigas são estruturadas.

As comunidades de formigas podem ser descritas segundo seu tamanho, forma, ou biomassa; em relação às funções que as espécies desempenham nos ecossistemas; ou então por aspectos envolvendo diversidade, como composição, número e relações taxonômicas entre as espécies (KASPARI, 2000; PARR & GIBB, 2010). Historicamente um dos fatores mais citados como reguladores da riqueza de espécies de formigas é a competição (inter e/ou intra-específica) (KASPARI, 2000). No entanto, apesar dos fortes indícios de que isso ocorra, não significa que seja o único ou o mais importante fator regulador (RIBAS & SCHOEREDER, 2002) e mesmo quando a competição parece influenciar, alguns fatores podem modular essa importância, como, por exemplo, a heterogeneidade das condições ambientais (BESTELMEYER, 2000). Assim, diferentes espécies ainda podem responder de maneira diferente às variações de temperatura, umidade, quantidade e variedade de recursos e perturbação existentes em diferentes habitats (SANTOS *et al.*, 2008). Esses fatores atuam principalmente em uma escala local ou então considerando uma meso-escala (RICKLEFS & SCHLUTER, 1993); em escalas mais amplas, outros fatores como efeito da área e fragmentação, altitude ou latitude, atuam em conjunto com os da escala local. Além disso, numa escala maior são esperadas atuações preponderantes de fatores históricos e biogeográficos (SANTOS *et al.*, 2008; COX & MOORE, 2009).

As formigas são consideradas um excelente grupo para estudos ecológicos envolvendo comunidades devido a suas diversas contribuições para a funcionalidade dos ecossistemas. Direta ou indiretamente, elas

afetam grupos de fauna e flora atuando como predadoras, detritívoras, dispersores de sementes, na ciclagem de nutrientes, proteção de algumas plantas e no revolvimento do solo (Hölldobler & Wilson, 1990; LACH *et al.*, 2010). Também são consideradas importantes para comparar áreas com diferenças na complexidade de hábitat e para o monitoramento ambiental, já que várias espécies têm preferências por habitats e condições e respondem rapidamente a distúrbios no ambiente (ALONSO, 2000, KASPARI & MAJER, 2000). No entanto, é mais comum encontrar na literatura científica estudos que se preocupam mais com os padrões de diversidade de formigas do que aqueles que têm o objetivo de testar hipóteses específicas a respeito do por que desses padrões (SANTOS *et al.*, 2008).

A hipótese da heterogeneidade de hábitat, desenvolvida inicialmente por MacArthur & MacArthur (1961), considera que ambientes mais heterogêneos ou complexos disponibilizariam mais recursos, o que acarretaria em maior número de nichos, suportando maior diversidade de espécies que ambientes mais simples (TEWS *et al.*, 2004). A complexidade de hábitat também pode influenciar a composição das assembleias de espécies (CRAMER & WILIG, 2005). Ambientes com níveis de complexidade de hábitat variáveis apresentam diferenças, por exemplo, nos níveis de luminosidade, temperatura e umidade, características que podem determinar a ocorrência ou não de espécies, dando a elas suporte para a reprodução, nidificação, desenvolvimento e forrageamento das diferentes espécies de animais (RIBAS *et al.*, 2003; TEWS *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2010). As condições de temperatura e umidade criam diversas restrições para a maioria das espécies de formigas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Em ambientes áridos, umidade e temperatura são muito importantes e podem exercer forte influência na distribuição de insetos (WENNINGER & INOUYE, 2008), sendo que a temperatura e umidade do solo estão positivamente relacionadas com a estrutura da vegetação (FRANCO *et al.*, 1984; LASSAU & HOCHULI, 2004).

Outras variáveis que podem estar relacionadas à complexidade estrutural dos habitats e que estão diretamente relacionadas a recursos para a mirmecofauna são, por exemplo, serrapilheira e a estrutura da vegetação (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; KASPARI, 2000). A serrapilheira abriga diversos grupos de artrópodes que possuem um papel fundamental na estruturação e função das cadeias tróficas das quais as formigas participam (KASPARI & WEISER, 1999; KASPARI, 2003). Além disso, a maioria das espécies de formigas está associada ao solo e à serrapilheira (WALL & MOORE, 1999; PEREIRA, 2006). Em relação à



vegetação, inúmeros trabalhos evidenciam diversas formas de interações entre formigas e plantas, que também funcionam como fonte de recursos para nidificação e alimentação (DELABIE *et al.*, 2003). Entre as diversas famílias de plantas relacionadas com formigas, a família Bromeliaceae merece destaque, já que principalmente por acumularem água e nutrientes em sua roseta, as bromélias constituem um microhabitat para inúmeras espécies de animais e plantas. A planta pode ainda oferecer recursos alimentares, por exemplo, através de nectários extra-florais e servir de base para a construção de ninhos (BLUTHGEN *et al.*, 2000, ROSUMEK *et al.*, 2008).

#### 1.4 CONHECIMENTO SOBRE A MIRMECOFAUNA DAS RESTINGAS BRASILEIRAS

Apesar de o Brasil apresentar uma grande faixa litorânea composta por manguezais, restingas e floresta atlântica, os estudos biológicos nesses ecossistemas sempre tiveram um maior enfoque nos trabalhos botânicos. Os estudos zoológicos em restinga ainda privilegiam vertebrados enquanto que entre os invertebrados, os insetos têm sido pouco pesquisados apesar da importância ecológica que o grupo apresenta nesse ecossistema (SILVA, 2005). Entre os invertebrados de solo, SOUZA *et al.* (2008) concluíram que as formigas foram o grupo predominante em fragmentos florestais na Restinga da Marambaia, RJ.

Numa compilação de trabalhos envolvendo formigas em restingas, LOPES (2003) aponta que existiam para aquela data pelo menos 76 espécies nesse ecossistema com a maioria dos trabalhos se restringindo ao Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sendo que acima da região sudeste, pouco se conhecia sobre a fauna de formigas em restingas, já que não havia trabalhos publicados em revistas de ampla circulação. Essa carência de estudos com formigas em restingas brasileiras confirmou-se com o trabalho recente de VARGAS *et al.* (2007) na restinga da Marambaia, litoral do Rio de Janeiro. Foi o primeiro trabalho estruturado para levantamento de espécies e estudos de aspectos ecológicos em restingas brasileiras, onde foram encontradas 92 espécies de formigas; número superior ao apontado por LOPES (2003).

Santa Catarina é um dos estados do Brasil com a mirmecofauna mais bem conhecida, e o único a apresentar uma listagem oficial de suas formigas (SILVA, 1999; ULYSSÉA *et al.*, 2010). Porém, esses autores destacam que muitas localidades permanecem sub amostradas e apontam as restingas, assim como os ecossistemas de Florestas Estacionais Deciduais,

manguezais, e campos, e as mesorregiões Meio Oeste, Planalto Serrano, Sul e Norte como prioritários para o aperfeiçoamento do conhecimento sobre a mirmecofauna catarinense. O único levantamento taxonômico de formigas em restingas tinha sido realizado por BONNET & LOPES (1993) na praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, que obtiveram 33 espécies com base principalmente em coletas manuais em areia e na vegetação herbácea e arbustiva. No entanto, recentemente, os trabalhos de CERETO *et al.* (2009a, 2009b), CARDOSO & CRISTIANO (2010) e CARDOSO *et al.* (2010) contribuíram com novos registros de espécies, incluindo observações sobre aspectos ecológicos de comunidades, mas ainda se limitam a poucas regiões da costa brasileira, nos estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina.

Ainda do ponto de vista ecológico, vários trabalhos foram realizados em restingas brasileiras envolvendo: interações entre formigas, frutos e sementes (PASSOS & OLIVEIRA, 2003); dispersão secundária de frutos e sementes (PASSOS & OLIVEIRA, 2002, 2004); interações entre formigas e plantas (ARRUDA *et al.*, 2003); ecologia do forrageio de formigas da tribo Attini (DORNELLES & LOPES, 2005; LOPES 2005, 2007); densidade, distribuição e localização de ninhos de algumas espécies (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005, CERETO *et al.*, 2011), entre outros.

A seguir, apresentaremos a sequência da dissertação dividida em três capítulos completos (com introdução, objetivos, materiais e métodos, resultados e discussão), além de um adendo contendo comentários sobre a metodologia de coleta utilizada e informações sobre as principais espécies de formigas coletadas.

## 1.5 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E.Z.; DIEHL FLEIG, E. & DIEHL, E. 2005. Density and distribution of nests of *Mycetophylax simplex* (Emery) (Hymenoptera, Formicidae) in areas with mobile dunes on the northern coast of Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 49(1): 123-126.

ALONSO, L.E. 2000. Ants as Indicators of Diversity. Pp. 122-144. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institute Press, Washington. 280p.

ANTBASE. Antbase, World Wide Web electronic publication. Disponível em: [www.antbase.org](http://www.antbase.org). Acessado em 01 de junho de 2011.

ARAUJO, D.S.D & LACERDA, L.D. 1987. A natureza das restingas. **Ciência Hoje**, 6 (33): 42-48.

ARRUDA, V.L.V; CASTELLANI, T.T. & LOPES, B.C. 2003. Formigas em plantas de restinga: os estudos na ilha de Santa Catarina. Pp. 386-391. In: **Anais do XVI Simpósio de Mirmecologia**, Editora da UFSC, Florianópolis, SC. 536p.

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

BLUTHGEN, N.; VERHAAGH, M.; GOITÍA, W. 2000. Ant nests in tank bromeliads – An example of non-specific interaction. **Insectes Sociaux**, 47: 313-316.

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

BONNET, A. & LOPES, B.C. 1993. Formigas de dunas e restingas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC (Insecta: Hymenoptera). **Biotemas**, 6 (1): 107-114.

CAMPOS-FARINHA, A.E.C.; BUENO, O.C. & KATO, L.M. 2002. As formigas urbanas no Brasil: retrospecto. **Biológico**, 64: 129-133.

CARDOSO, D.C. & CRISTIANO, M.P. 2010. Myrmecofauna of the southern catarinense restinga sandy coastal plain: new records of species occurrence for the state of Santa Catarina and Brazil. **Sociobiology**, 55 (1b): 229-239.

CARDOSO, D.C.; SOBRINHO, T.G. & SCHOEREDER. 2010. Ant community composition and its relationship with phytophysiognomies in a Brazilian Restinga. **Insectes Sociaux**, 57 (3): 293-301.

CARUSO, M.M.L. 1990. **O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais**. Editora UFSC, Florianópolis. 158p.

CECCA. 1997. **Uma cidade numa Ilha**. 2ª ed., Insular, Florianópolis. 247p.

CERETO, C.E.; ULYSSÉA, M.A.; ALBERTONI, F.F.; MARTINS, A.G. & LOPES, B.C. 2009a. Mirmecofauna associada a distintas fitofisionomias de restingas na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, sul do Brasil. Pp. 1-5. In: **Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia, São Lourenço-MG**.

CERETO, C.E.; ROSUMEK, F.B.; LOPES, B.C.; SCHMIDT, G.; VOLTOLINI, C.H.; BEDUSCHI, T.; CASTELLANI, T.T.; HERNÁNDEZ, M.I.M. & SCHERER, K.Z. 2009b. Formigas em comunidade de duna frontal, praia do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina: riqueza, sazonalidade e relação com a vegetação. In: **Anais do XIX Simpósio de Mirmecologia**, Outro Preto.

CERETO, C. E.; SCHMIDT, G.O; MARTINS, A.G. CASTELLANI, T.T. & LOPES, B.C. 2011. Nesting of ants (Hymenoptera, Formicidae) in dead post-reproductive plants of *Actinocephalus polyanthus* (Eriocaulaceae), a herb of coastal dunes in southern Brazil. **Insectes Sociaux**, published online in 29 April, 2011.

CORDAZZO, C.V.; PAIVA, J.B. & SEELIGER, U. 2006. **Plantas da Costa Sudoeste Atlântica**. USEB, Pelotas. 107p.

COX, C.B & MOORE, P.D. 2009. **Biogeografia: uma abordagem ecológica e evolucionária**. 7ª ed., Editora LTC, Rio de Janeiro. 398p.

CRAMER, M.J. & WILIG, M.R. 2005. Hábitat heterogeneity, species diversity and null models. **Oikos**, 108: 209-218.

DELABIE, J.H.C. & FERNÁNDEZ, F. 2003. Relaciones entre hormigas y “homopteros” (Hemiptera: Sternorrhyncha y Auchenorrhyncha). Pp. 181-200. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

DELABIE, J.H.C.; OSPINA, M. & ZABALA, G. 2003. Relaciones entre hormigas y plantas: una introducción. Pp. 167-180. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

DORNELLES, R. & LOPES, B.C. 2005. Recursos vegetais utilizados por *Acromyrmex laticeps* (Formicidae: Myrmicinae: Attini) em uma área de restinga em regeneração no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC, Brasil. Pp. 454-456. In: **Anais do XVII Simpósio de Mirmecologia**, Editora UFMS, Campo Grande. 551p.

FALKENBERG, D.B. 1999. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, 28: 1-30.

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

FERNÁNDEZ, F. & SENDOYA, S. 2004. List of Neotropical ants (Hymenoptera: Formicidae). **Biota Colombiana**, 5 (1): 3-93.

FERNÁNDEZ, F. & SHARKEY, M.J. (Eds.). 2006. **Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical**. Sociedad Colombiana de Entomología & Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 894p.

FOWLER, H.G., FORTI, L.C.; BRANDÃO, C.R.F.; DELABIE, J.H.C. & VASCONCELOS, H.L. 1991. Ecologia nutricional de formigas. Pp.131-223. In: PANIZZI, A.R. & PARRA, J.R.P. (Org.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. Manole Editora Ltda, São Paulo. 359p.

FRANCO, A.C.; VALERIANO, D.M.; SANTOS, F.M.; HAY, J.D.; HENRIQUES, R.P.B. & MEDEIROS, R.A. 1984. Os microclimas das zonas de vegetação da praia da restinga de Barra de Maricá, Rio de Janeiro. Pp. 327-342. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R. & TURCQ, B (Org). **Restingas: Origem, Estruturas, Processos**. CEUFF, Niterói. 475p.

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

KASPARI, M. 2000. A primer on ant ecology. Pp. 9-24. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington. 280p.

KASPARI, M. 2003. Introducción a la ecología de las hormigas. Pp. 97-112. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

KASPARI, M. & MAJER, J.D. 2000. Using Ants to Monitor Environmental Change. Pp. 89-98. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington. 280p.

KASPARI, M. & WEISER, M.D. 1999. The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants. **Functional Ecology**, 13 (4): 530-538.

LACH, L.; PARR, C.L & ABBOTT, L. 2010. **Ant Ecology**. Oxford University Press Inc., New York. 402p.

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

LOPES, B.C. 2003. Diversidade de formigas em ecossistemas litorâneos: restingas e manguezais. Pp. 31-39. In: **Anais do XVI Simpósio de Mirmecologia**, Editora da UFSC, Florianópolis. 536 p.

LOPES, B.C. 2005. Recursos vegetais usados por *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera, Formicidae) em restinga da Praia da Joaquina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 22 (2): 372-382.

LOPES, B.C. 2007. Ecologia do forrageio por *Cyphomyrmex morschi* Emery (Hymenoptera, Formicidae) em vegetação de restinga no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 24 (1): 52-56.

MACARTHUR, R.H. & MACARTHUR, J.W. 1961. On bird species diversity. **Ecology**, 42, 594–598.

MASON, W.R.M.; HUBER, J.T. & FERNÁNDEZ, F. 2006. El orden Hymenoptera. Pp. 1-6. In: FERNÁNDEZ, F. & SHARKEY, M.J. (Eds.). **Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical**. Sociedad Colombiana de Entomología & Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 894 p.

NEL, A.; PERRAULT, G.; PERRICHOT, V. & NÉRAUDEAU, D. 2004. Oldest ant from the Lower Cretaceous amber of Charente-Maritime, **Geologica Acta**, 2 (1): 23-29.

PARR, C.L. & GIBB, H. 2010. Competition and the role of dominant ants. Pp. 77-96. In: LACH, L.; PARR, C.L & ABBOTT, L. (Eds.). **Ant Ecology**. Oxford University Press Inc., New York. 402p.

PASSOS, L. & OLIVEIRA, P.S. 2002. Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree. **Journal of Ecology**, 90: 517–528.

PASSOS, L. & OLIVEIRA, P.S. 2003. Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, 19: 261-270.

PASSOS, L. & OLIVEIRA, P.S. 2004. Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. **Oecologia**, 139: 376-382.

PEREIRA, A. 2006. A vida entre folhas secas. **Pesquisa FAPESP**, 120: 48-51.

RABELING, C.; BROWN, J.M. & VERHAAGH, M. 2008. Newly discovered sister lineage sheds light on early ant evolution. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 105: 14913-14917.

RIBAS, C.R. & SCHOEREDER, J.H. 2002. Are all ant mosaics caused by competition? **Oecologia** 131: 606-611.

RIBAS, C.R.; SCHOEREDER, J.H.; PIC, M. & SOARES, S.M. 2003. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. **Austral Ecology**, 28 (3): 305-314.

RICKLEFS, R.E. & SCHLUTER, D. 1993. **Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives**. The University of Chicago Press, Chicago. 414 p.

ROSUMEK, F.B.; ULYSSÉA, M.A.; LOPES, B.C.; STEINER, J. & ZILLIKENS, A. 2008. Formigas de solo e de bromélias em uma área de Mata Atlântica, Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil: levantamento de espécies e novos registros. **Biotemas**, 21 (4): 81-89.

SANTOS, I.A.; RIBAS, C.R. & SHOEREDER, J.H. 2008. Biodiversidade de fromigas em tipos vegetacionais brasileiros: o efeito das escalas espaciais. Pp. 242-265. In: VILELA, E.F.; SANTOS, I.A.; SHOEREDER,



J.H.; SERRÃO, J.E.; CAMPOS, L.A.O & LINO-NETO (Eds.), **Insetos Sociais: da biologia à aplicação**. Editora UFV, Viçosa. 442p.

SAUX, C.; FISCHER, B.L. & SPICER, G.S. 2004. Dracula ant phylogeny as inferred by nuclear 28S rDNA sequences and implications for ant systematics (Hymenoptera, Formicidae, Amblyoponinae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 33: 457-468.

SCHERER, K.Z. 2004. **Ecologia de *Megacerus baeri* (Pic, 1934) e *Megacerus reticulatus* (Sharp, 1885) (Coleoptera: Bruchidae) em duas espécies de Convolvulaceae (*Ipomoea imperati* e *Ipomoea pes-caprae*) nas dunas da Praia da Joaquina, Florianópolis, SC**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 206p.

SILVA, J.E.S. & LOECK, A.E. 2006. **Guia de reconhecimento de formigas domiciliares do Rio Grande do Sul**. UFPel, Pelotas. 26p.

SILVA, R.J.; DINIZ, S. & VAZ-DE-MELLO, F.Z. 2010. Heterogeneidade do hábitat, riqueza e estrutura da assembleia de besouros rola-bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em áreas de Cerrado na Chapada dos Parecis, MT. **Neotropical Entomology**, 39(6): 934-940.

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.

SILVA, S.M. 2005. Diagnóstico das restingas no Brasil: Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das Zonas costeira e marinha. **Relatórios temáticos, Ministério do Meio Ambiente**, 30p.

SOUZA, R.C.; CORREIA, M.E.F.; PEREIRA, M.G.; SILVA, E.M.R.; PAULA, R.R. & MENEZES, L.F.T. 2008. Estrutura da comunidade da fauna edáfica em fragmentos florestais na Restinga da Marambaia, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 3(1): 49-57.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M.C.; SCHWAGER, M. & JELTSCH, F. 2004. Animal species diversity driven by hábitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31:79–92.

TRIPLEHORN, C.A. & JOHNSON, N.J. 2005. **Borrór and Delong's introduction to the study of insects**. 7<sup>a</sup> ed., Thomson Brooks/Cole, Belmont. 864p.

ULYSSEÁ, M.A.; CERETO, C.E. ; ROSUMÉK, F.B.; SILVA, R.R.; LOPES, B.C. 2010. Espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) registradas para o Estado de Santa Catarina, Brasil. Pp. 1-1. In: **Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Entomologia**, Natal.

VARGAS, A.B.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; QUEIROZ, J.M.; SOUZA, G.O. & RAMOS, E.F. 2007. Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidades de restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, 36 (1): 28-37.

WAECHTER, J.L. 1985. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. **Comunicação do Museu de Ciências da PUCRS, série Botânica**, 33: 49-68.

WALL, D.H. & MOORE, J.C. 1999. Interactions underground. **BioScience**, 49: 109-107.

WARD, P. S. 2007. Phylogeny, classification, and species-level taxonomy of ants (Hymenoptera: Formicidae). **Zootaxa**, 1668: 549-563.

WEBER, N.A. 1972. Gardening ants, the attines. **Memoirs of the American Philosophical Society**, 92: 1-146.

WENNINGER, E.J. & INOUE, R.S. 2008. Insect community response to plant diversity and productivity in a sagebrush-steppe ecosystem. **Journal of Arid Environments**, 72: 24-33.

WILSON, E.O. & HÖLLDOBLER, B. 2005a. Eusociality: origin and consequences. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 102 (38): 13367-13371.

WILSON, E.O. & HÖLLDOBLER, B. 2005b. The rise of the ants: a phylogenetic and ecological explanation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 102 (21): 7411-7414.



## **2 CAPÍTULO 1 - COMPOSIÇÃO DA MIRMECOFAUNA ASSOCIADA A DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DAS RESTINGAS DA ILHA DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL.**

### **2.1 RESUMO**

A restinga compreende um conjunto muito diversificado de ecossistemas que ocupam toda a costa atlântica brasileira e apresentam diferentes formações vegetacionais. As formigas são consideradas um dos grupos animais mais exitosos e importantes em ecossistemas terrestres, no entanto, existem poucos trabalhos que investigam a relação da mirmecofauna com as diferentes fisionomias vegetais que encontramos nas restingas. Nesse estudo comparamos a composição da mirmecofauna ao longo de diferentes fitofisionomias (restinga herbácea/subarbustiva, restinga arbustiva e restinga arbórea) que encontramos em diferentes áreas de restinga na Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil. Foi testada a hipótese que a composição das espécies de formigas varia de acordo com as fisionomias, acompanhando um gradiente estrutural que já é bem descrito na literatura, principalmente, em relação à composição da vegetação. Foram coletadas 101 espécies pertencentes a 35 gêneros e oito subfamílias, ao longo das fisionomias vegetais. Nossa hipótese foi suportada por análises multivariadas que mostraram uma similaridade maior dentro das fisionomias, independentemente das áreas amostradas. As análises sugerem ainda que alguns gêneros de formigas possam estar associados a determinadas fitofisionomias, possivelmente como reflexo tanto das características estruturais desses habitats, quanto das preferências por recursos e condições intrínsecas a cada espécie.

### **2.2 INTRODUÇÃO**

As formigas são um dos grupos de insetos mais exitosos, o que é verificado por sua onipresença e influência nos ecossistemas terrestres, especialmente nos tropicais; apresentam ampla distribuição geográfica, são localmente abundantes e participam de todos os níveis tróficos (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Uma das respostas para o grande sucesso evolutivo das formigas está no seu comportamento social (WILSON & HÖLLDOBLER, 2005). Mesmo em ambientes áridos e

semi-áridos, esse grupo também é considerado importante, principalmente em termos de abundância (ROJAS & FRAGOSO, 2000). Em estudo com invertebrados de solo, SOUZA *et al.* (2008) concluíram que as formigas foram o grupo predominante em fragmentos florestais na Restinga da Marambaia, RJ.

A mirmecofauna pode ser influenciada tanto por fatores bióticos quanto abióticos (Cushman, 1993; Perfecto & Vandermeer, 1996) e a distribuição das espécies pode variar com o gradiente latitudinal e responder a diferenças relacionadas a fatores ambientais como o clima ou estrutura da vegetação (Greenslade & Greenslade, 1977; Majer & Delabie, 1994). As espécies de formigas ainda podem ser influenciadas pela fragmentação de habitats (RIBAS *et al.*, 2007), distúrbios antropogênicos (FLOREN *et al.*, 2001) e estágios de regeneração da vegetação (SILVA *et al.*, 2007).

A estrutura e complexidade do habitat são aspectos importantes que influenciam a comunidade animal (TEWS *et al.*, 2004). Habitats mais complexos estruturalmente podem fornecer maiores possibilidades de exploração de recursos ambientais oferecendo uma quantidade maior de nichos, o que normalmente incrementa a diversidade e modifica localmente a composição das espécies (FINKE & SNYDER, 2008). Em vários habitats a comunidade vegetal determina a estrutura física do ambiente e, conseqüentemente influencia a distribuição das espécies animais (TEWS *et al.*, 2004).

A restinga é incluída pelo Decreto Federal 750/1993 no “domínio Mata Atlântica”, que compreende um conjunto muito diversificado de formações vegetacionais que ocupariam toda a costa litorânea leste do Brasil, que abrange áreas consideradas hotspots e indicadas como prioritárias para a conservação (FALKENBERG, 1999; MYERS *et al.*, 2000). Devido à sua localização ao longo da costa brasileira e suas características ecológicas, os ecossistemas de restinga, apesar de legalmente protegidos, vêm sofrendo redução em suas áreas originais e degradação por impactos antrópicos (SILVA, 2005). Os estudos biológicos nesses ecossistemas sempre tiveram um maior enfoque nos trabalhos botânicos, enquanto que os estudos zoológicos em restinga ainda privilegiam vertebrados. Entre os invertebrados, os insetos têm sido pouco pesquisados, apesar da importância ecológica que o grupo apresenta nesse ecossistema (SILVA, 2005; SOUZA *et al.*, 2008).

A comunidade vegetal das restingas é composta por distintas fitofisionomias que apresentam diferenças na composição e hábito das espécies. Essas fisionomias podem estar dispostas em uma zonação oceano-continente, com um aumento na riqueza de espécies, na lenhosidade e na

altura da vegetação, de acordo com a distância do mar e diminuição da influência da salinidade (FALKENBERG, 1999). No entanto, a vegetação das restingas pode ocorrer na forma de um mosaico de fitofisionomias, muitas vezes em função de gradientes locais de disponibilidade de água (WAECHTER, 1985).

A relação entre fauna e a estrutura da vegetação já foi bastante investigada em diversos ambientes (WENNINGER & INOUYE, 2008), no entanto poucos trabalhos examinaram a diferença na composição de espécies entre diferentes habitats dentro de um determinado ecossistema (HILL *et al.*, 2008). Em restingas, vários trabalhos já foram desenvolvidos sobre a composição de espécies vegetais (CASTELLANI *et al.*, 1995; FALKENBERG, 1999; PEREIRA *et al.*, 2001; MARTINS *et al.*, 2008). No entanto, trabalhos sobre fauna são muito raros (SILVA, 2005) e a maioria dos trabalhos envolvendo formigas em restingas limitou-se a análises de riqueza e diversidade (BONNET & LOPES, 1993; DIEHL *et al.*, 2000; FONSECA & DIEHL, 2004; CARDOSO & CRISTIANO, 2010). Além disso, poucos trabalhos investigaram relação da composição da mirmecofauna com as diferentes fitofisionomias das restingas (VARGAS *et al.*, 2007; CERETO *et al.*, 2009a; CARDOSO *et al.*, 2010).

Inventários faunísticos são ferramentas importantes que fornecem informações sobre a distribuição das espécies e podem servir como base para inúmeros projetos envolvendo, biodiversidade e conservação (LONGINO & COLWELL, 1997). Nesse sentido, é igualmente importante entender como a composição de espécies responde a mudanças de habitats para embasar estratégias de conservação (CAUGHLEY, 1994). A composição de espécies reflete uma combinação de processos ecológicos e históricos de um determinado local. Como tanto processos bióticos quanto abióticos podem afetar a composição de espécies, seu entendimento pode fornecer informações importantes de como esses processos atuam nessas comunidades (PHILIPPI *et al.*, 1998).

### 2.3 OBJETIVOS

Com esse trabalho objetivou-se realizar um estudo sobre a composição das espécies de formigas epigéicas em três áreas de restinga na Ilha de Santa Catarina, ao longo das três grandes fisionomias vegetais que ocorrem nesse ambiente: restinga herbáceo/subarbustiva, restinga arbustiva e restinga arbórea. Como já descrito na literatura, existe um aumento gradativo de complexidade estrutural, principalmente em relação à vegetação (FALKENBERG, 1999); assim, testamos a hipótese

que na existência desse gradiente estrutural encontraremos diferenças na composição de espécies de formigas para as diferentes fitofisionomias. Contudo, como as três áreas estudadas apresentam restingas características e representativas da Ilha, não esperamos diferenças na composição de espécies de formigas entre as áreas.

## 2.4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.4.1 Área de estudo

A Ilha de Santa Catarina encontra-se entre as coordenadas  $27^{\circ} 10' S$  e  $27^{\circ} 50' S$  e entre  $48^{\circ} 25' O$  e  $48^{\circ} 35' O$  (Figura 1). Ocupa uma área de 451 km<sup>2</sup> e apresenta cerca de 54 km em seu comprimento máximo e cerca de 18 km em sua largura máxima. É separada do continente por um canal estreito de aproximadamente 500 m de largura mínima (CARUSO, 1990).

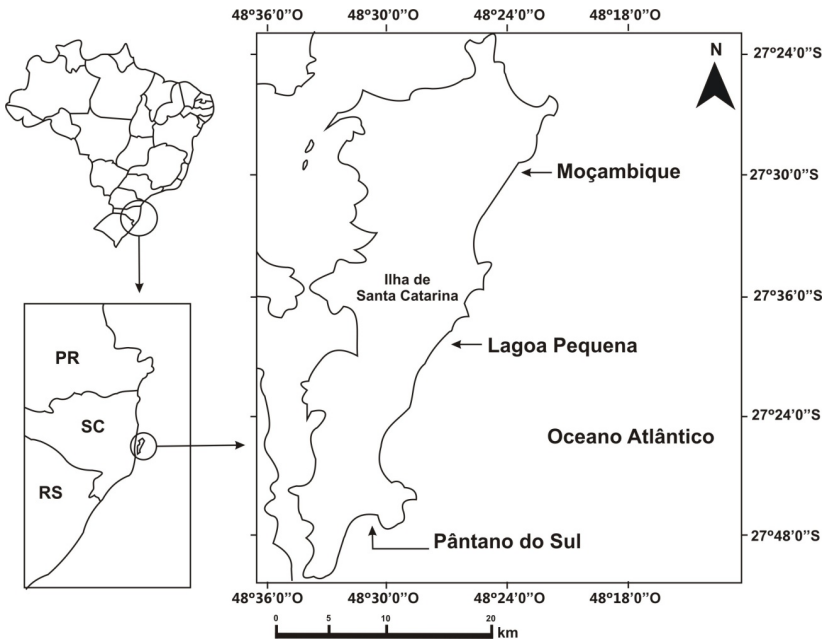


Figura 1 - Área de estudo. Mapa do Brasil evidenciando a localização do estado



de Santa Catarina e da Ilha de Santa Catarina, com destaque para as áreas de estudo: Moçambique, Lagoa Pequena e Pântano do Sul.

O clima da região pode ser enquadrado, segundo a classificação internacional de KÖPPEN (CARUSO, 1990), como Cfa, onde predomina o clima mesotérmico úmido, com verões quentes e sem estações secas e a temperatura média anual varia entre 20°C e 22°C. CASTELLANI *et al.* (1999) sugeriram, para uma série temporal de 10 anos, a existência de um período quente e super-úmido (outubro a abril) com temperaturas médias mensais maiores que 20°C e pluviosidade maior que 100 mm, e um período mais frio (maio a setembro) com temperaturas menores que 20°C e uma tendência de redução da pluviosidade a menos de 100mm. Segundo KLEIN (1978), ocorrem na Ilha formações vegetais edáficas, cujo estabelecimento seria condicionado principalmente pelo solo, como manguezais, restingas e florestas de planícies quaternárias e formações vegetais climáticas, cujo estabelecimento seria condicionado principalmente pelo clima, como a floresta pluvial de encosta atlântica.

As áreas de restinga do presente trabalho localizam-se em diferentes regiões da Ilha de Santa Catarina. São elas: Praia do Moçambique (região norte da Ilha, 27° 28' S e 48° 22' O), Lagoa Pequena (região leste, 27° 39' S e 48° 28' O) e Praia do Pântano do Sul (região sul, 27° 46' S e 48° 30' O) (Figura 1). A região da Lagoa Pequena fica numa posição central entre as duas outras áreas, com a região do Moçambique a cerca de 20 km ao norte (em linha reta) e a região do Pântano do Sul a cerca de 15 km ao sul.

A vegetação dessas áreas foi estudada por BRESOLIN (1979) e, posteriormente, FALKENBERG (1999) propôs uma classificação fitofisionômica para as restingas catarinenses onde reconhece três tipos básicos: (I) restinga herbácea/subarbustiva; (II) restinga arbustiva; e (III) restinga arbórea (ou mata de restinga). A seguir tem-se uma pequena descrição das diferentes fisionomias apresentadas por FALKENBERG (1999).

### I. Restinga Herbácea/Subarbustiva

Trata-se de uma vegetação composta por espécies predominantemente herbáceas ou subarbustivas, podendo haver algumas espécies arbustivas e que apresentam uma riqueza de espécies relativamente baixa. Essa formação aparece principalmente em praias, dunas frontais e internas, lagunas e suas margens, planícies arenosas, banhados e depressões (Figura 2-A). Algumas áreas podem apresentar uma cobertura vegetal muito baixa ou até mesmo nula, como em algumas

dunas móveis e lagunas. A vegetação de praias e dunas frontais quase sempre corresponde às comunidades vegetais mais próximas do mar e recebem maior influência da salinidade. É constituída, em geral, por plantas baixas e rastejantes, que dificilmente ultrapassam 1m de altura, podendo incluir também densos agrupamentos de subarbustos lenhosos. Ao longo do texto essa fitofisionomia será relatada somente como “restinga herbácea”.

## II. Restinga Arbustiva

Trata-se de uma vegetação com maior riqueza de espécies que a restinga herbácea/subarbustiva e que é encontrada geralmente em áreas bem drenadas, principalmente em dunas e depressões associadas. A vegetação arbustiva original apresenta uma fisionomia geralmente densa, formada por agrupamentos contínuos ou então por moitas intercaladas com locais menos densos (Figura 2-B). É constituída por arbustos de até 5m de altura entremeados com ervas e subarbustos. A serrapilheira pode acumular-se em alguns locais e o epifitismo, apesar de baixo, pode aparecer em algumas áreas.

## III. Restinga arbórea

Também conhecida como mata de restinga, apresenta uma vegetação de maior porte e riqueza de espécies maior do que as anteriormente citadas (Figura 2-C e 2-D). Ocorrem principalmente em dunas, depressões, cordões arenosos, planícies e terraços arenosos, podendo ocupar grandes extensões contínuas ou formar pequenos “capões” descontínuos. A vegetação original da mata de restinga apresenta uma fisionomia arbórea, com os estratos arbustivo e herbáceo/subarbustivo bem desenvolvidos. As árvores podem atingir até 20m de altura. A abundância de epífitas e trepadeiras, e o acúmulo de serrapilheira são bastante expressivos (Figura 2-C e 2-D).

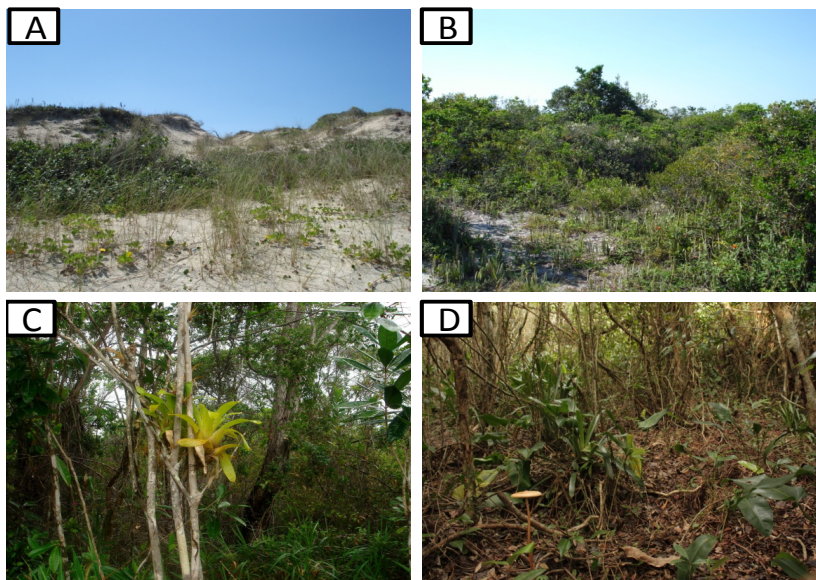


Figura 2 - Diferentes fitofisionomias das restingas da Ilha de Santa Catarina. A - Fitofisionomia herbácea/subarbustiva. B - Fitofisionomia arbustiva. C e D - Fitofisionomia Arbórea, com destaque para as epífitas, bromélias e serrapilheira abundante acima do solo.

Diferentemente de algumas restingas onde as fitofisionomias aparecem respeitando uma zonação oceano-continente, as da Ilha de Santa Catarina apresentam um mosaico de fitofisionomias (WAECHTER, 1985). É importante ressaltar que a maior parte das restingas catarinenses, assim como as da Ilha de Santa Catarina, já sofreu muito impacto antrópico e podem se encontrar em estágios de sucessão secundária. O Decreto 750/1993 reconhece os estágios inicial, médio e avançado na sucessão secundária e a caracterização desses estágios é bem descrita por FALKENBERG (1999).

O trabalho de FALKENBERG (1999) foi usado como base para a escolha das áreas de coleta. Sua descrição da composição e estrutura ajudou na seleção adequada das fitofisionomias em cada uma das restingas contempladas nesse estudo. Foram escolhidas três áreas da Ilha, onde ocorrem os três tipos básicos vegetacionais citados por FALKENBERG (1999), objetivando ter réplicas verdadeiras dos tratamentos, no caso as fitofisionomias. É comum em muitos estudos não haver esse cuidado,

consistindo em um dos tipos de pseudo-replicação (HURLBERT, 1984; HEFFNER *et al.*, 1996; FÉLIX & HACKRADT, 2006).

Ao longo do texto, as seguintes siglas e abreviações serão adotadas para áreas: **LP** (Lagoa Pequena), **MB** (Moçambique) e **PS** (Pântano do Sul); para as fitofisionomias: **Arb** (Arbórea), **Arbt** (Arbustiva) e **Herb** (Herbácea).

#### 2.4.2 Metodologia de coleta

Para a coleta das formigas foram usadas armadilhas de queda (*pitfall* traps). As armadilhas do tipo *pitfall* são bastante indicadas para estudos envolvendo coletas de formigas (BESTELMEYER *et al.*, 2000; FREITAS *et al.*, 2004), sendo amplamente utilizadas (ROMERO & JAFFE, 1989; OLSON, 1991; PARR & CHOWN, 2001; VARGAS *et al.*, 2007). As armadilhas do presente trabalho consistiram em potes plásticos, com abertura apresentando 8 cm de diâmetro, enterrados no chão até a abertura ficar na mesma linha do substrato. As armadilhas foram armadas sem isca e contendo somente água com detergente preenchendo até cerca de um terço do volume do recipiente, como sugerido por AQUINO *et al.* (2006). O detergente quebra a tensão superficial da água fazendo com que mesmo os menores insetos afundem após caírem (ALMEIDA *et al.*, 2003).

#### 2.4.3 Desenho Amostral

Foram realizadas duas campanhas de coletas para cada uma das áreas de estudo, entre os meses de fevereiro e abril de 2010. A cada coleta, foram montadas 20 armadilhas por fitofisionomia dispostas em uma grade amostral formada por quatro transectos paralelos com 40 m de comprimento e distantes 10 m uns dos outros, ocupando uma área total de 1200 m<sup>2</sup> (Figura 3). A distância de 10 m entre cada unidade amostral é recomendada para trabalhos envolvendo formigas, sendo considerada a distância mínima para reduzir pseudo-replicação (BESTELMEYER *et al.*, 2000).

As armadilhas permaneceram 48 h no campo. Os locais onde foram montadas as armadilhas foram diferentes em cada campanha de coleta, sendo que no final da amostragem em cada área (Moçambique, Lagoa Pequena e Pântano do Sul) foram montadas 40 armadilhas em diferentes pontos para cada uma de suas fisionomias vegetais, com o objetivo de reduzir autocorrelação temporal entre as amostras (RUXTON

& COLEGRAVE, 2006).

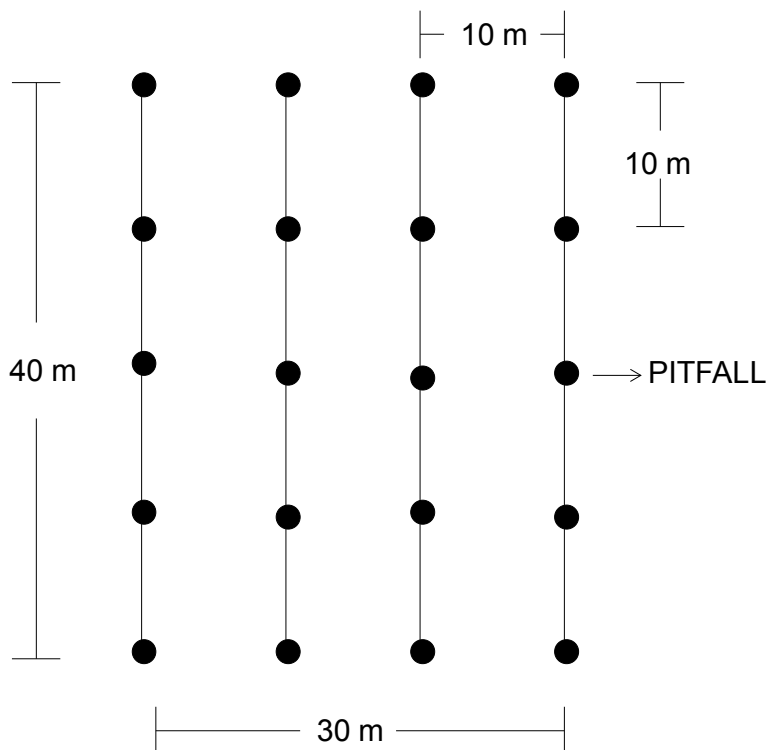


Figura 3 - Esquema da grade amostral com 20 *pitfalls* dispostos com 10 metros de distância uns dos outros. Em cada campanha de coleta foi montada uma grade em cada fitofisionomia (restinga herbácea, arbustiva e arbórea) em três áreas de estudo (Moçambique, Lagoa Pequena e Pântano do Sul).

#### 2.4.4 Identificação das formigas

Os espécimes foram identificados até o nível genérico, baseando-se nas chaves de identificação apresentadas por BOLTON (1994) e PALÁCIO & FERNÁNDEZ (2003) e, sempre que possível, foi realizada a identificação até o nível específico com o auxílio de diversas chaves disponíveis na literatura especializada ou por comparação com uma

coleção de referência; do contrário, os indivíduos foram enquadrados em morfoespécies dentro de um mesmo gênero. A classificação proposta por BOLTON (2003) foi adotada para as subfamílias. As identificações ainda foram confirmadas comparando os exemplares com a coleção do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), a maior e mais importante coleção de referência desse grupo no Brasil. Parte do material coletado está depositada na Coleção Entomológica do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina e pretendemos, num futuro próximo, depositar réplicas desse material junto à coleção de Hymenoptera do MZUSP, sob curadoria do Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão.

#### 2.4.5 Análise dos dados

Os dados obtidos foram organizados como registros de ocorrência de espécies - ou seja, número de armadilhas em que cada espécie ocorreu - nas diferentes fitofisionomias das restingas estudadas (LONGINO et al. 2002). Tal procedimento é mais apropriado para estudos ecológicos com a mirmecofauna, já que as medidas de ocorrência de espécies não sofrem os efeitos do tamanho das colônias, nem do comportamento de recrutamento das operárias, o que levaria a superestimar aquelas espécies com sistemas de recrutamento mais eficientes e/ou aquelas cujas colônias estão mais próximas das armadilhas (TAVARES *et al.*, 2001; GOTELLI et al., 2011).

Para analisar a composição das assembleias de formigas, ao longo das diferentes fitofisionomias nas áreas de restinga estudadas, foram realizadas análises multivariadas, através com auxílio dos programas Primer 6  $\beta$ ® (CLARKE & GORLEY, 2004) e PAST 2.06 (HAMMER et al., 2001). Foi realizada uma análise de similaridade com dois fatores (ANOSIM two way) (CLARKE & WARWICK, 2001) para avaliar possíveis diferenças significativas na composição das espécies de formigas entre as três áreas de restinga estudadas e entre as diferentes fitofisionomias. Essa análise resulta em um R estatístico, que é a medida de dissimilaridade entre os fatores comparados. Os valores de R próximos a zero indicam dissimilaridade baixa, enquanto que os valores de R mais próximos de um indicam alta dissimilaridade. Cada valor de R tem um valor de probabilidade ( $p$ ) associado (CLARKE & WARWICK, 2001).

A fim de evidenciar essas possíveis diferenças graficamente, foi realizada uma análise de agrupamento, através do método do encadeamento médio (UPGMA), juntamente com o teste a posteriori SIMPROF, que indica a formação de grupos significativos diferentes do

que seria esperado ao acaso (CLARKE & WARWICK, 2001). A matriz de similaridade foi construída a partir de dados de frequência de captura das espécies de formigas nas áreas amostradas. A mesma matriz foi utilizada para a análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) (CLARKE & WARWICK, 2001). Foi calculada também a correlação cofenética, que avalia a relação entre a matriz original e a matriz cofenética gerada pela análise de agrupamento; quanto maior essa correlação, menor a distorção gerada pela representação através do agrupamento (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998).

Foi realizada, ainda, a análise SIMPER (similarity percentage) que é um método que calcula tanto a dissimilaridade média entre diferentes grupos a serem comparados quanto a similaridade média dentro de cada um desses grupos. Essa análise é importante para avaliar quais são os principais táxons responsáveis para uma possível diferença observada entre os grupos de amostras. Ou seja, quais espécies são boas descritoras das diferentes composições encontradas, apresentando ainda a contribuição de cada espécie para essa diferença. A SIMPER apresenta ainda quais são as espécies que mais contribuem para a similaridade existente dentro de cada grupo de amostras (CLARKE & WARWICK, 2001).

Para essas análises foram considerados os dados em conjunto de todos os *pitfalls* de cada grade amostral, com duas grades amostrais (20 *pitfalls*) em cada fitofisionomia para cada área amostrada, totalizando 18 pontos de comparação para as análises. O índice de Bray-Curtis foi utilizado como medida de similaridade em todas elas.

## 2.5 RESULTADOS

### 2.5.1 Mirmecofauna nas restingas da Ilha de Santa Catarina

Considerando as três áreas de estudo com todas as fitofisionomias, foi coletado um total de 101 espécies e morfoespécies de formigas, pertencentes a 35 gêneros e oito subfamílias, de acordo com BOLTON (2003). As subfamílias amostradas foram Dolichoderinae (8 espécies), Ecitoninae (2), Ectatomminae (3), Formicinae (26), Myrmicinae (49), Ponerinae (10), Proceratiinae (1) e Pseudomyrmecinae (2) (Tabela 1).

Os gêneros mais ricos em espécies foram *Pheidole* (13 espécies) seguido de *Camponotus* (12), *Brachymyrmex* (8) e *Solenopsis* (8) (Tabela 1). A espécie *Solenopsis* sp.02 foi a espécie mais frequente, sendo

capturada em mais de um terço das armadilhas (35,28%), seguida de *Pachycondyla striata* (33,06%), *Wasmannia auropunctata* (28,89%) e *Pheidole* sp.12 (26,94%) (Tabela 1).

Tabela 1 – Formigas registradas em três áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina (Lagoa Pequena, Moçambique e Pântano do Sul), com as respectivas frequências (em porcentagem) com que cada espécie foi capturada nas diferentes áreas e em suas respectivas fitofisionomias (Arb: Arbórea, Arbt: Arbustiva, Herb: Herbácea).

Subfamílias/espécies	Lagoa Pequena		Moçambique		Pântano do Sul		Total geral
	Arb	Arbt	Herb	Arb	Arbt	Herb	
<b>DOLICHODERINAE</b>							
<i>Azteca</i> sp.	---	---	---	---	---	2,50	0,28
<i>Dorymyrmex aff. brunneus</i>	---	2,50	---	---	---	---	0,28
<i>Dorymyrmex</i> sp.01	2,50	2,50	77,50	---	25,00	12,50	40,00
<i>Dorymyrmex</i> sp.02	---	---	---	---	2,50	---	0,28
<i>Linepithema iniquum</i>	2,50	---	---	---	---	5,00	0,83
<i>Linepithema micans</i>	---	---	15,00	12,50	7,50	25,00	37,50
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	---	---	---	---	2,5	---	0,56
<b>ECITONINAE</b>							
<i>Eciton burchelli</i>	---	---	---	---	2,50	---	0,28
<i>Labidus coecus</i>	---	---	---	5,00	---	---	0,56
<b>ECTATOMMINAE</b>							



Continuação Tabela 1 Subfamílias/espécies	Lagoa Pequena		Mocambique		Pântano do Sul		Total geral			
	Arb	Arbt	Herb	Arb	Arbt	Herb				
<i>Ectatomma edentatum</i>	---	17,50	15,00	---	5,00	17,50	---	22,50	7,50	9,44
<i>Gnamptogenys striatula</i>	17,50	---	---	35,00	17,50	2,50	---	---	---	8,06
<i>Typhlomyrmex pusillus</i>	---	---	---	---	---	---	2,50	---	---	0,28
<b>FORMICINAE</b>										
<i>Brachymyrmex</i> sp.01	2,50	---	---	---	---	---	---	---	---	0,28
<i>Brachymyrmex</i> sp.02	---	20,00	---	2,50	15,00	2,50	---	22,50	2,50	7,22
<i>Brachymyrmex</i> sp.03	5,00	---	---	10,00	---	---	---	---	---	1,67
<i>Brachymyrmex</i> sp.04	---	7,50	75,00	---	2,50	42,50	---	5,00	57,50	21,11
<i>Brachymyrmex</i> sp.05	7,50	2,50	---	---	2,50	---	2,50	2,50	---	1,94
<i>Brachymyrmex</i> sp.06	---	---	---	---	---	2,50	---	---	---	0,28
<i>Brachymyrmex</i> sp.07	2,50	---	---	---	---	---	---	---	---	0,28
<i>Brachymyrmex</i> sp.08	---	---	---	---	2,50	---	---	---	---	0,28
<i>Camponotus alboannulatus</i>	---	---	---	---	---	---	---	2,50	---	0,28
<i>Camponotus arboreus</i>	---	5,00	---	---	---	---	5,00	---	---	1,11
<i>Camponotus atriceps</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	2,50	0,28
<i>Camponotus blandus</i>	---	---	2,50	---	---	---	---	2,50	10,00	1,67
<i>Camponotus fastigatus</i>	5,00	7,50	2,50	---	2,50	15,00	---	22,50	15,00	7,78
<i>Camponotus melanoticus</i>	---	2,50	---	5,00	2,50	---	---	---	2,50	1,39



Continuação Tabela 1 Subfamílias/espécies	Lagoa Pequena		Moçambique		Pântano do Sul		Total geral
	Arb	Arbt	Herb	Arb	Arbt	Herb	
<i>Cephalotes pallidicephalus</i>	---	---	---	2,50	---	---	0,56
<i>Crematogaster curvispinosa</i>	---	---	---	---	---	---	0,28
<i>Crematogaster moelleri</i>	5,00	---	---	2,50	2,50	7,50	2,22
<i>Crematogaster nigropilosa</i>	17,50	7,50	---	22,50	17,50	10,00	9,72
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	5,00	2,50	---	15,00	5,00	2,50	4,17
<i>Cyphomyrmex strigatus</i>	2,50	---	---	5,00	2,50	---	1,94
<i>Megalomyrmex drifti</i>	---	---	---	---	---	2,50	0,28
<i>Megalomyrmex sibvestrii</i>	---	---	---	---	---	2,50	0,28
<i>Mycetophylax morschi</i>	---	5,00	32,50	---	15,00	22,50	12,50
<i>Mycetophylax simplex</i>	---	---	---	---	---	---	0,28
<i>Nesomyrmex</i> sp.	2,50	---	---	2,50	2,50	---	0,83
<i>Pheidole</i> sp.01	2,50	35,00	10,00	2,50	25,00	20,00	20,00
<i>Pheidole</i> sp.02	5,00	32,50	---	---	7,50	---	5,28
<i>Pheidole</i> sp.03	12,50	---	---	30,00	2,50	---	5,00
<i>Pheidole</i> sp.04	---	---	---	---	---	40,00	4,72
<i>Pheidole</i> sp.05	20,00	---	---	62,50	7,50	7,50	17,78
<i>Pheidole</i> sp.06	27,50	---	---	2,50	---	5,00	4,44
<i>Pheidole</i> sp.07	---	10,00	---	---	---	15,00	6,94

Continuação Tabela 1 Subfamílias/espécies	Lagoa Pequena		Moçambique		Pântano do Sul		Total geral
	Arb	Herb	Arb	Herb	Arb	Herb	
<i>Pheidole</i> sp.08	---	10,00	---	15,00	---	15,00	4,44
<i>Pheidole</i> sp.09	---	---	---	5,00	---	---	0,56
<i>Pheidole</i> sp.10	32,50	7,50	42,50	12,50	15,00	10,00	13,33
<i>Pheidole</i> sp.11	---	2,50	---	2,50	---	7,50	1,94
<i>Pheidole</i> sp.12	57,50	10,00	47,50	2,50	57,50	15,00	26,94
<i>Pheidole</i> sp.13	---	---	5,00	2,50	---	5,00	1,39
<i>Pogonomyrmex naegelli</i>	2,50	7,50	---	---	---	10,00	2,22
<i>Procryptocerus convergens</i>	---	---	---	---	2,50	---	0,56
<i>Procryptocerus sampaioi</i>	---	---	2,50	---	---	---	0,28
<i>Solenopsis</i> sp.01	5,00	7,50	---	27,50	2,50	22,50	13,06
<i>Solenopsis</i> sp.02	55,00	25,00	37,50	52,50	65,00	32,50	35,28
<i>Solenopsis</i> sp.03	5,00	17,50	12,50	2,50	---	---	4,17
<i>Solenopsis</i> sp.04	---	---	---	2,50	---	---	0,28
<i>Solenopsis</i> sp.05	---	7,50	---	---	---	---	1,39
<i>Solenopsis</i> sp.06	---	---	---	---	---	2,50	0,28
<i>Solenopsis</i> sp.07	---	---	7,50	---	---	---	0,83
<i>Solenopsis</i> sp.08	---	---	---	---	---	---	0,28
<i>Strumigenys denticulata</i>	12,50	---	20,00	2,50	2,50	2,50	4,44

Continuação Tabela 1 Subfamílias/espécies	Lagoa Pequena		Mocambique		Pântano do Sul		Total geral	
	Arb	Arbt Herb	Arb	Arbt Herb	Arb	Arbt Herb		
<i>Strumigenys eggersi</i>	5,00	---	---	2,50	---	2,50	---	1,11
<i>Strumigenys elongata</i>	---	---	5,00	---	---	---	---	0,56
<i>Strumigenys louisianae</i>	2,50	---	---	---	---	10,00	---	1,39
<i>Strumigenys oglobini</i>	---	---	---	---	---	2,50	2,50	0,56
<i>Trachymyrmex iheringi</i>	---	27,50	10,00	---	---	25,00	17,50	9,72
<i>Wasmannia affinis</i>	15,00	---	2,50	---	---	20,00	---	5,83
<i>Wasmannia auropunctata</i>	2,50	52,50	37,50	5,00	22,50	7,50	52,50	28,89
<i>Wasmannia lutzi</i>	---	2,50	---	5,00	---	5,00	---	1,67
<b>PONERINAE</b>								
<i>Anochetus neglectus</i>	---	2,50	---	---	---	---	---	0,28
<i>Hypoponera</i> sp.01	---	---	---	5,00	2,50	---	---	0,83
<i>Hypoponera</i> sp.02	5,00	---	---	5,00	---	12,50	7,50	3,33
<i>Hypoponera</i> sp.03	---	---	---	5,00	---	---	---	0,56
<i>Hypoponeta</i> sp.04	2,50	---	---	---	---	---	---	0,28
<i>Hypoponera</i> sp.05	---	---	---	---	---	---	2,50	0,28
<i>Odontomachus chelifer</i>	5,00	35,00	2,50	17,50	2,50	10,00	25,00	12,22
<i>Odontomachus meinerti</i>	7,50	2,50	---	12,50	---	5,00	---	3,33
<i>Pachycondyla crenata</i>	2,50	2,50	---	---	---	5,00	---	1,11

Continuação Tabela 1 Subfamílias/espécies	Lagoa Pequena		Moçambique		Pântano do Sul		Total geral
	Arb	Herb	Arb	Herb	Arb	Herb	
<i>Pachycondyla striata</i>	77,50	17,50	2,50	2,50	72,50	25,00	33,06
<b>PROCERATIINAE</b>							
<i>Discothyrea neotropica</i>	---	---	---	---	---	---	0,28
<b>PSEUDOMYRMECINAE</b>							
<i>Pseudomyrmex gracilis</i>	---	2,50	---	---	---	7,50	1,11
<i>Pseudomyrmex</i> sp.	---	---	---	---	---	7,50	1,11

### 2.5.2 Composição da mirmecofauna nas diferentes áreas e fitofisionomias

De acordo com a análise de similaridade (ANOSIM), a composição das espécies de formigas não diferiu significativamente entre as três áreas amostradas (ANOSIM geral,  $R = 0,185$ ,  $p > 0,05$ ). As comparações pareadas entre as áreas também não apresentaram diferenças significativas (Tabela 2).

Tabela 2 - ANOSIM comparando a composição das espécies de formigas entre diferentes áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC. São apresentados os valores de R pareados entre as áreas e os respectivos valores de probabilidade ( $p$ ) associados.

Áreas	R	P
Lagoa Pequena X Moçambique	0,500	> 0,05
Lagoa Pequena X Pântano do Sul	0,083	> 0,05
Moçambique X Pântano do Sul	0,083	> 0,05

No entanto, a diferença na composição da mirmecofauna entre as fitofisionomias foi evidente, com a ANOSIM apresentando um valor de R bastante alto (ANOSIM geral,  $R = 0,907$ ,  $p < 0,001$ ). Comparando as fitofisionomias aos pares, observamos que a maior dissimilaridade encontrada ocorre entre as fitofisionomias arbórea e herbácea, apresentando o valor máximo possível para R (Tabela 3).

Tabela 3 - ANOSIM comparando a composição das espécies de formigas entre diferentes fitofisionomias de restingas da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC. São apresentados os valores de R pareados entre as fitofisionomias e os respectivos valores de probabilidade (p) associados.

<b>Fitofisionomias</b>	<b>R</b>	<b>P</b>
Arbórea X Arbustiva	0,917	< 0,05
Arbórea X Herbácea	1,000	< 0,05
Arbustiva X Herbácea	0,917	< 0,05

Esta diferença na composição de espécies entre as diferentes fisionomias fica evidenciada quando observamos os resultados gerados pela análise de agrupamento (Figura 4). A linha de corte indica os grupos formados considerados significativos pelo teste a posteriori SIMPROF. A correlação cofenética foi alta ( $r = 0,865$ ), indicando um bom ajuste dos dados originais ao dendrograma de agrupamento.

Tais grupos também são fáceis de visualizar através do gráfico obtido com a ordenação NMDS, que apresentou um ótimo ajuste (valor de stress = 0,06, Figura 5). Tanto na análise de agrupamento quanto na ordenação (NMDS) fica clara a maior similaridade existente entre os pontos dentro de cada fitofisionomia, independentemente das áreas estudadas. As fitofisionomias herbácea e arbórea parecem representar pontos extremos com menor similaridade entre elas, enquanto que os pontos da fitofisionomia arbustiva aparecem em posições intermediárias, alguns mais similares com os da fitofisionomia herbácea, outros com a fitofisionomia arbórea (Figuras 4 e 5).

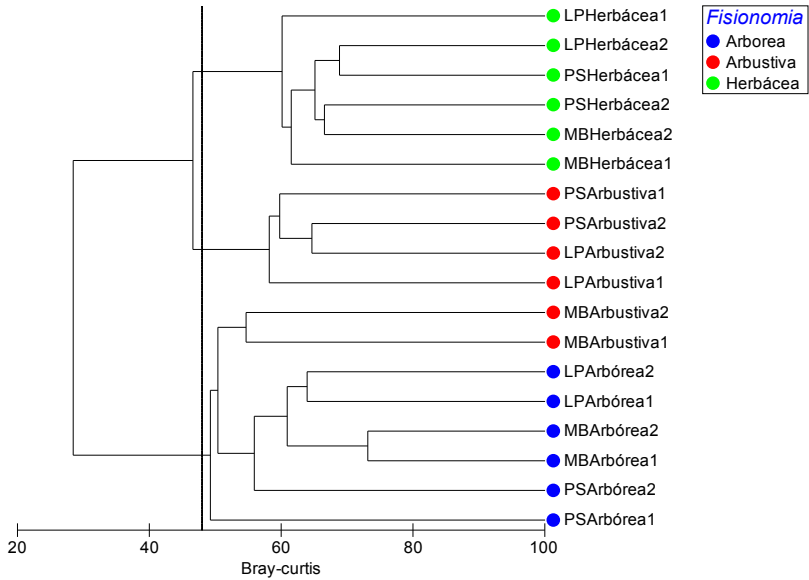


Figura 4 - Análise de agrupamento (UPGMA, Bray-Curtis) entre os pontos amostrais, considerando a mirmecofauna de três fitofisionomias em diferentes áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil. A linha tracejada indica a formação dos grupos considerados significativos pelo teste a posteriori SIMPROF.



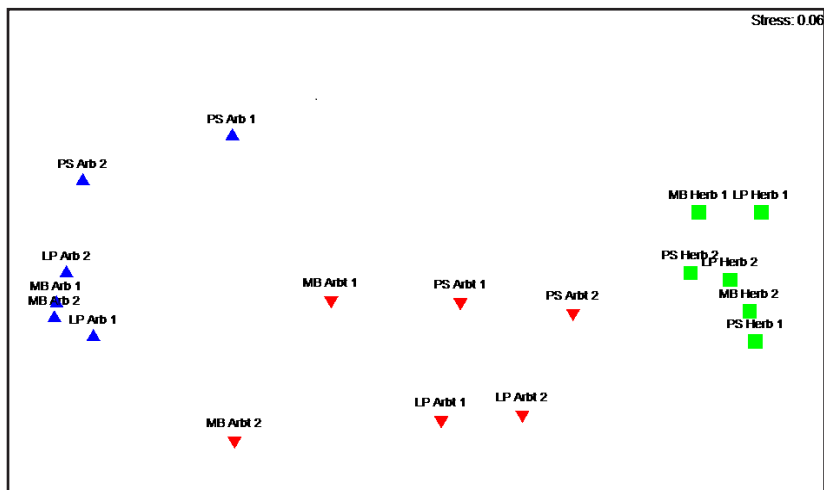


Figura 5 - Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) para a composição de espécies de formigas em três fitofisionomias (Arb - arbórea, Arbustiva - arbustiva, Herb - herbácea) de restinga em diferentes áreas (LP - Lagoa Pequena, MB - Moçambique, PS - Pântano do Sul) da Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil.

A análise SIMPER (similarity percentage) apresentou valores altos para a dissimilaridade média entre as três fitofisionomias. A maior diferença apresentada foi entre as fitofisionomias arbórea e herbácea (Tabela 4).

Tabela 4 - Dissimilaridade média, indicada pela análise SIMPER, entre as diferentes fitofisionomias de três áreas de restingas na Ilha de Santa Catarina, SC.

<b>Fitofisionomias</b>	<b>Dissimilaridade</b>
Arbórea X Arbustiva	60,46%
Arbórea X Herbácea	82,70%
Arbustiva X Herbácea	57,59%

A SIMPER ainda indicou a contribuição de cada espécie de formiga para a existência dessa dissimilaridade entre as diferentes fitofisionomias das restingas estudadas. A espécie *Pachycondyla striata* foi a que apresentou a maior contribuição (6,5%), devido à alta frequência de captura da espécie nas fitofisionomias arbórea e arbustiva (ver Tabela 1). Das 101 espécies coletadas, apenas 21 espécies determinam quase 70% da dissimilaridade existente entre as fitofisionomias de acordo com a análise SIMPER (Tabela 5).

Além disso, obtivemos com a análise SIMPER uma lista com as espécies que mais contribuem para a similaridade média encontrada dentro de cada fitofisionomia (Tabela 6). Poucas espécies dentro de cada fitofisionomia representaram até 70% dessa contribuição. Algumas espécies foram importantes em mais de uma fitofisionomia, como *Pachycondyla striata* (arbórea e arbustiva) e *Wasmannia auropunctata* (arbustiva e herbácea). Por outro lado, algumas espécies são bastante representativas apenas em uma das fitofisionomias, como é o caso de *Dorymyrmex sp.01* e *Mycetophylax morschi* na fitofisionomia herbácea.

Tabela 5 - Espécies de formigas que representaram até 90% da contribuição para a dissimilaridade média entre as fitofisionomias determinadas pela análise SIMPER para as restingas da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

<b>Espécies</b>	<b>Contribuição acumulativa (%)</b>	<b>frequências médias</b>		
		<b>ARBÓREA</b>	<b>ARBUSTIVA</b>	<b>HERBÁCEA</b>
<i>Pachycondyla striata</i>	6,50	13,20	6,50	0,17
<i>Brachymyrmex sp.04</i>	12,25	0,00	1,00	11,70
<i>Pheidole sp.12</i>	17,53	10,80	4,83	0,50
<i>Dorymyrmex sp.01</i>	22,21	0,17	1,00	9,50
<i>Pheidole sp.05</i>	26,60	9,50	1,00	0,17
<i>Nyländeria sp.01</i>	30,94	8,83	4,00	0,67
<i>Wasmannia auropunctata</i>	35,28	1,00	8,50	7,83
<i>Solenopsis sp.02</i>	39,27	10,50	7,33	3,33
<i>Pheidole sp.10</i>	45,47	6,00	2,00	0,00
<i>Linepithema micans</i>	48,27	1,00	2,17	5,67
<i>Mycetophylax morschii</i>	50,90	0,00	2,50	5,00
<i>Solenopsis sp.01</i>	53,47	0,50	2,00	5,33

Espécies	Contribuição acumulativa (%)	frequências médias			
		ARBÓREA	ARBUSTIVA	HERBÁCEA	
<i>Odontomachus chelifer</i>	55,88	2,17	4,17	1,00	
<i>Acromyrmex striatus</i>	58,10	0,00	2,33	4,00	
<i>Trachymyrmex iheringi</i>	60,15	0,00	3,67	2,17	
<i>Crematogaster nigropilosa</i>	62,14	3,50	2,33	0,00	
<i>Gnamptogenys striatula</i>	64,12	3,50	1,17	0,17	
<i>Ectatomma edentatum</i>	66,02	0,00	3,00	2,67	
<i>Acromyrmex niger</i>	67,92	1,17	2,67	2,50	
<i>Brachymyrmex</i> sp.02	69,74	0,17	3,83	0,33	
<i>Pheidole</i> sp.02	71,27	0,33	2,83	0,00	
<i>Wasmannia affinis</i>	72,72	3,17	0,17	0,17	
<i>Camponotus fastigatus</i>	74,12	0,33	2,17	2,17	
<i>Pheidole</i> sp.03	75,51	2,83	0,17	0,00	
<i>Pheidole</i> sp.08	76,84	0,00	0,00	2,67	
<i>Pheidole</i> sp.07	78,17	0,67	1,83	1,67	
<i>Pheidole</i> sp.04	79,46	2,67	0,17	0,00	
<i>Pheidole</i> sp.06	80,60	2,33	0,17	0,17	
<i>Strumigenys denticulata</i>	81,70	2,33	0,33	0,00	
<i>Solenopsis</i> sp.03	82,69	1,17	1,33	0,00	
<i>Camponotus rufipes</i>	83,59	0,33	1,33	0,83	
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	84,42	1,67	0,67	0,17	
<i>Hyponera</i> sp.02	85,25	1,50	0,50	0,00	

## Continuação Tabela 5

Espécies	Contribuição acumulativa (%)	frequências médias		
		ARBÓREA	ARBUSTIVA	HERBÁCEA
<i>Odontomachus meinerti</i>	86,06	1,67	0,17	0,17
<i>Nylanderia</i> sp.02	86,82	1,33	0,83	0,17
<i>Pogonomyrmex naegelli</i>	87,39	0,17	1,17	0,00
<i>Dorymyrmex</i> sp.04	87,91	0,17	0,00	1,00
<i>Crematogaster moelleri</i>	88,42	0,67	0,67	0,00
<i>Cyphomyrmex strigatus</i>	88,91	1,00	0,17	0,00
<i>Camponotus blandus</i>	89,39	0,00	0,17	0,83
<i>Pheidole</i> sp.11	89,87	0,00	0,83	0,33
<i>Brachymyrmex</i> sp.03	90,34	1,00	0,00	0,00

Tabela 6 - Espécies que contribuíram em até 70% para a similaridade média dentro de cada fitofisionomia determinadas pela análise SIMPER para as restingas da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

<b>FITOFISIONOMIA ARBÓREA - Similaridade média: 57,18</b>		
<b>Espécies</b>	<b>Contribuição (%)</b>	<b>Contribuição acumulativa (%)</b>
<i>Pachycondyla striata</i>	11,56	11,56
<i>Pheidole</i> sp.12	11,00	22,56
<i>Solenopsis</i> sp.02	10,09	32,65
<i>Pheidole</i> sp.05	9,12	41,77
<i>Pheidole</i> sp.10	7,40	49,17
<i>Nylanderia</i> sp.01	6,72	55,89
<i>Crematogaster nigropilosa</i>	5,15	61,04
<i>Wasmannia affinis</i>	4,49	65,53
<i>Strumigenys denticulata</i>	2,99	68,51
<i>Odontomachus chelifer</i>	2,88	71,39
<b>FITOFISIONOMIA ARBUSTIVA - Similaridade média: 53,17</b>		
<b>Espécies</b>	<b>Contribuição (%)</b>	<b>Contribuição acumulativa (%)</b>
<i>Pheidole</i> sp.01	9,23	9,23
<i>Solenopsis</i> sp.02	9,21	18,44
<i>Wasmannia auropunctata</i>	8,50	26,94
<i>Pachycondyla striata</i>	8,23	35,17
<i>Brachymyrmex</i> sp.02	7,19	42,37
<i>Nylanderia</i> sp.01	6,98	49,34
<i>Ectatomma edentatum</i>	4,75	54,09
<i>Pheidole</i> sp.12	4,73	58,82
<i>Trachymyrmex iheringi</i>	4,00	62,81
<i>Acromyrmex niger</i>	3,34	66,15
<i>Odontomachus chelifer</i>	3,05	69,19
<i>Camponotus fastigatus</i>	2,66	71,86

**Continuação Tabela 6**

**FITOFISIONOMIA HERBÁCEA - Similaridade média: 62,16**

<b>Espécies</b>	<b>Contribuição (%)</b>	<b>Contribuição acumulativa (%)</b>
<i>Brachymyrmex</i> sp.04	12,47	12,47
<i>Wasmannia auropunctata</i>	11,39	23,86
<i>Dorymyrmex</i> sp.01	10,23	34,09
<i>Mycetophylax morschii</i>	7,68	41,77
<i>Solenopsis</i> sp.01	6,93	48,70
<i>Linepithema micans</i>	6,89	55,59
<i>Solenopsis</i> sp.02	6,61	62,20
<i>Acromyrmex striatus</i>	6,22	68,43
<i>Pheidole</i> sp.01	6,18	74,61

**2.6 DISCUSSÃO**

**2.6.1 Mirmecofauna nas restingas da Ilha de Santa Catarina**

No presente trabalho foram coletadas 101 espécies e morfoespécies de formigas, o que consiste na maior listagem de espécies de formigas coletadas para as restingas brasileiras. Poucos trabalhos com coletas sistematizadas foram realizados e os que merecem destaque são os de VARGAS et al. (2007) (com 92 espécies e morfoespécies), CERETO *et al.* (2009a) (com 80) e o de CARDOSO & CRISTIANO (2010) (com 71). Ainda, o presente trabalho atingiu a melhor resolução taxonômica entre os estudos em restingas (54 espécies identificadas o que corresponde a 54% do total). No trabalho de VARGAS et al. (2007) foi realizado um esforço amostral muito semelhante ao do presente trabalho, com o mesmo número total de armadilhas (360) por fitofisionomia (120). Já no trabalho de CARDOSO & CRISTIANO (2010), os autores dispuseram dois transectos com 65 armadilhas cada no sentido oceano-continente, já que as fitofisionomias da restinga onde foram feitas as coletas apresentavam essa zonação.

Merece destaque a subfamília Proceratiinae que nunca havia sido

registrada para as restingas brasileiras, assim como os gêneros *Azteca* (Dolichoderinae), *Eciton* (Ecitoninae), *Typhlomyrmex* (Ectatomminae), *Discothyrea* (Proceratiinae) e as espécies *Eciton burchelli*, *Typhlomyrmex pusillus*, *Camponotus atriceps*, *Crematogaster curvispinosa* e *Discothyrea neotropica*, também sem registros nos trabalhos conhecidos em restingas do país. Destacamos ainda seis novos registros para a região da Grande Florianópolis, no estado de Santa Catarina, são eles: *Typhlomyrmex pusillus*, *Myrmelachista gallicola*, *Crematogaster curvispinosa*, *Crematogaster moelleri*, *Megalomyrmex drifti* e *Discothyrea neotropica*.

Os resultados são ainda mais representativos considerando as restingas da Ilha de Santa Catarina e acrescentam 36 novos registros, entre espécies e morfoespécies, ao trabalho de CERETO *et al.* (2009a). Merecem destaque os gêneros *Azteca* (Dolichoderinae), *Labidus* (Ecitoninae), *Typhlomyrmex* (Ectatomminae), *Megalomyrmex* (Myrmicinae) e *Discothyrea* (Proceratiinae) que ainda não haviam sido coletados. Reunindo os dois trabalhos obtemos um total de, pelo menos, 115 espécies e morfoespécies de formigas para as restingas da Ilha.

Amirmecofauna das restingas da Ilha de Santa Catarina se assemelha mais com aquela encontrada na região do Morro dos Conventos, no sul do estado de Santa Catarina (CARDOSO & CRISTIANO, 2010) do que com a encontrada por VARGAS *et al.* (2007) para a restinga da Marambaia, no Rio de Janeiro. O presente trabalho registrou todas as subfamílias e gêneros citados por CARDOSO & CRISTIANO (2010), ainda que 22 espécies registradas para o Morro dos Conventos não foram coletadas na Ilha de Santa Catarina. No entanto, quando comparamos nossos dados com a fauna da restinga da Marambaia observamos diferenças maiores, o que é esperado para comunidades mais distantes (ver distance decay of similarity, SOININEN *et al.*, 2007). VARGAS *et al.* (2007) registraram duas subfamílias - *Amblyoponinae* e *Cerapachyinae* - e oito gêneros - *Amblyopone*, *Apterostigma*, *Atta*, *Cerapachys*, *Cylindromyrmex*, *Leptogenys*, *Oxypoeucus* e *Rogeria* - que não foram coletadas nesse trabalho. Ao contrário, na restinga da Marambaia não foram registradas as subfamílias *Ecitoninae* e *Proceratiinae* além dos gêneros *Azteca*, *Eciton*, *Labidus*, *Typhlomyrmex*, *Linepithema*, *Myrmelachista*, *Mycetophylax*, *Pogonomyrmex*, *Procryptocerus*, *Anochetus* e *Discothyrea*, que foram coletados no presente trabalho. Essas diferenças podem ser indícios de que existam fatores de escalas regionais importantes para a definição da composição de espécies de formigas nas restingas brasileiras; outros fatores como a época de coleta e o esforço amostral também devem ser considerados.

Os gêneros de formigas que apresentaram o maior número

de registros - *Pheidole* (13 espécies) seguido de *Camponotus* (12), *Brachymyrmex* (8) e *Solenopsis* (8) - estão entre aqueles com maior dificuldade de identificação, pois apresentam um grande número de espécies e ausência de revisões taxonômicas recentes; apenas parte das espécies de *Camponotus* foi determinada. É bastante comum, em levantamentos neotropicais, o gênero *Pheidole* apresentar maior riqueza de espécies (WARD, 2000). Todos esses gêneros aparecem com destaque em vários trabalhos em restingas e diversos outros ecossistemas (LEAL, 2003; SACCHETT & DIEHL, 2004; DIEHL *et al.*, 2005; VARGAS *et al.*, 2007; ROSUMEK *et al.*, 2008; CERETO *et al.*, 2009a; CARDOSO & CRISTIANO, 2010). WILSON (1976) destaca que pertencem a estes gêneros espécies que estão entre as mais prevalentes do planeta, já que possuem as quatro características que ele considera importantes para atingir esse status: grande diversidade específica, ampla distribuição geográfica, grandes abundâncias locais e alta plasticidade ecológica.

*Solenopsis sp.02* (Myrmicinae) foi a espécie mais frequente nesse trabalho, sendo registrada em mais de um terço das armadilhas (35,28%), seguida de *Pachycondyla striata* (Ponerinae) (33,06%) e *Wasmannia auropunctata* (Myrmicinae) (28,89%). CARDOSO *et al.* (2010) relataram que *Solenopsis saevissima* foi uma das espécies mais abundantes na restinga do Morro dos Conventos, sul de Santa Catarina, principalmente em áreas mais abertas com fisionomias herbáceas e arbustivas. O mesmo foi verificado para *Wasmannia auropunctata* e morfoespécies do gênero *Solenopsis* nos trabalhos de VARGAS *et al.* (2007) e CERETO *et al.* (2009a). *Pachycondyla striata* (Ponerinae), presente em 33,06% das armadilhas, também é bastante comum em vários trabalhos realizados em diferentes regiões e ecossistemas (SILVESTRE *et al.*, 2003; VARGAS *et al.*, 2007; ROSUMEK *et al.*, 2008; CERETO *et al.*, 2009a; CARDOSO & CRISTIANO, 2010). A espécie é considerada predadora generalista alimentando-se de artrópodes, material vegetal (flores e sementes) e líquens (PASSOS & OLIVEIRA 2002; SILVA-MELO, 2008).

Santa Catarina é um dos estados com a mirmecofauna mais bem conhecida em todo o país e o único a possuir uma lista de espécies oficial; no entanto, concentrava a maioria dos seus trabalhos em outros ecossistemas do bioma Mata Atlântica, com destaque para estudos em Floresta Ombrófila Densa na região do Vale do Itajaí e Grande Florianópolis, e Floresta Ombrófila Mista no oeste do Estado (SILVA, 1999; ULYSSEA *et al.*, 2010). Em ecossistemas costeiros, os únicos trabalhos disponíveis eram os de LOPES & SANTOS (1996), em manguezais, e os de BONNET & LOPES (1993), CERETO *et al.* (2009a, 2009b) e CARDOSO & CRISTIANO (2010), em restingas. Este último,



realizado na região do Morro dos Conventos, em Araranguá, no litoral sul de Santa Catarina, foi o único realizado fora da Ilha de Santa Catarina.

Estudos envolvendo levantamento de espécies e a produção de listagens taxonômicas são importantes para o embasamento de pesquisas científicas e projetos de conservação (FREITAS *et al.*, 2004). No entanto, pensando em estratégias de conservação, também é fundamental que a lista apresente os registros por ecossistemas. ULYSSÉA *et al.* (2009) sugeriram que as restingas são um dos ecossistemas prioritários para coletas de formigas em Santa Catarina e o presente trabalho, assim como os de CERETO *et al.* (2009a) e CARDOSO *et al.* (2010) são muito importantes e podem ser a base para uma listagem das formigas das restingas catarinenses. Se reunirmos ainda os dados de VARGAS *et al.* (2007) para o Rio de Janeiro, teríamos no mínimo 168 espécies registradas para as restingas brasileiras, número que deve ser muito maior.

### **2.6.2 Composição da mirmecofauna ao longo das diferentes áreas e fitofisionomias**

Os dados obtidos corroboram a hipótese de que a composição de espécies de formigas varia de acordo com as diferentes fitofisionomias que encontramos nas restingas. As diferentes fitofisionomias representam três grupos bem definidos de acordo com suas composições de espécies e isso é suportado pelas análises de similaridade (ANOSIM), pelo teste SIMPROF e observado nas análises de agrupamento e NMDS. Além disso, como já era esperado, não foi encontrada diferença significativa para a composição de espécies de formigas nas diferentes áreas estudadas. Isso significa que essas áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, possivelmente, compartilham o mesmo pool regional de espécies, indicando que são áreas adequadas para testar a hipótese sobre a composição da mirmecofauna nas diferentes fitofisionomias, com réplicas verdadeiras desses tratamentos (FÉLIX & HACKRADT, 2006; RUXTON & COLEGRAVE, 2006).

Esse panorama também foi encontrado nos trabalhos de VARGAS *et al.* (2007), na restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, de CERETO *et al.* (2009a), na região da Lagoa Pequena, Ilha de Santa Catarina, e no trabalho de CARDOSO *et al.* (2010), na região do Morro dos Conventos, em Araranguá, litoral sul de Santa Catarina. Nos três trabalhos foi observada uma diferença na composição de espécies de formigas ao longo das fitofisionomias estudadas.

Apenas 21 das espécies listadas pela análise SIMPER determinam

quase 70% da dissimilaridade existente entre as fitofisionomias. *Pachycondyla striata* (Ponerinae) foi a espécie que mais contribuiu para essa diferença. Essa espécie esteve presente em mais de um terço das armadilhas (33,05%) e foi coletada em todas as áreas e em todas as fitofisionomias. No entanto, ela foi muito mais frequente na fitofisionomia arbórea, apresentou uma frequência intermediária na fitofisionomia arbustiva e foi pouco frequente na fitofisionomia herbácea. Por outro lado, a espécie *Brachymyrmex sp.04*, que foi a segunda em contribuição, indicada pela SIMPER, está mais associada a áreas abertas, com frequência de captura alta na fitofisionomia herbácea, foi registrada na fitofisionomia arbustiva, mas não aparece nas amostras em restinga arbórea.

Além dos três grupos formados (fitofisionomias arbórea, arbustiva e herbácea), que tiveram suporte das análises acima citadas, parece existir um gradiente de similaridade entre as fitofisionomias, com uma diferença maior na composição entre as fisionomias herbácea e arbórea (82,70% de dissimilaridade média segundo a análise SIMPER). Esse gradiente também fica claro quando observamos o dendrograma gerado pela análise de agrupamento ou a ordenação NMDS. Em ambos, os pontos referentes às grades amostrais de cada fitofisionomia se agrupam independentemente das áreas, com as áreas de restinga arbustiva sempre em posição intermediária entre as fitofisionomias herbácea e arbórea. Isso é condizente com o gradiente entre as fisionomias descrito para as restingas catarinenses por FALKENBERG (1999), para a composição e riqueza de espécies vegetais.

Diante desse panorama, uma pergunta torna-se fundamental: Quais são os fatores que determinam essa diferença na composição da mirmecofauna que encontramos nas diferentes fitofisionomias das restingas? Muitos autores acreditam que interações interespecíficas, como a competição, sendo um processo importante na determinação das regras de montagem de uma comunidade (*assembly rules*) (LEVINGS & TRANIELLO, 1981; CERDÁ *et al.*, 1998); no entanto, certamente não é o único processo envolvido e a importância de outros processos biológicos e de eventos estocásticos devem ser considerados para explicar padrões de distribuição (RIBAS & SCHOEREDER, 2002; ANDERSEN, 2008). No entanto, uma hipótese ainda pouco explorada pode ajudar a explicar o padrão observado: a associação de espécies de formigas com a disponibilidade de recursos e condições existentes em diferentes habitats (WANG *et al.*, 2001; RIBAS & SCHOEREDER, 2007; HILL *et al.*, 2008).

Vários estudos indicam que a estrutura da vegetação pode ser o principal fator determinando estrutura e composição da assembleia

de formigas em ambientes secos (ROJAS & FRAGOSO, 2000; WENNINGER & INOUE, 2008). Essa importância se deve ao fato de a vegetação estar intimamente ligada com a disponibilidade de recursos e de condições de micro-habitats para formigas e outros insetos (LEAL, 2003; RIBAS *et al.*, 2003; VARGAS *et al.*, 2007).

FALKENBERG (1999) ainda cita outras diferenças na complexidade estrutural entre as fitofisionomias das restingas, como quantidade de serrapilheira acumulada, a altura da vegetação e presença de lianas e epífitas. A distribuição das espécies de formigas e as diferenças na composição podem estar associadas a estas características estruturais inerentes a cada fitofisionomia. Esses fatores podem influenciar a composição de espécies de formigas, já que, por exemplo, a maioria das espécies de formigas está associada ao solo e à serrapilheira (WALL & MOORE, 1999), ambiente que abriga diversos grupos de artrópodes que possuem um papel fundamental na estruturação e função das cadeias tróficas das quais as formigas participam (KASPARI & WEISER, 1999; KASPARI, 2003), assim como a vegetação, que também fornece recursos para nidificação e alimentação para diversas espécies (BLUTHGEN *et al.*, 2000; DELABIE *et al.*, 2003). Alguns autores sugerem que formigas associadas à serrapilheira não apresentam comportamento territorialista, sugerindo que não a competição, mas sim a adequação ao habitat seria a principal fator estruturando esse setor da mirmecofauna (SOARES & SCHOEREDER, 2001; THEUNIS *et al.*, 2005).

Da mesma forma, isso pode ser observado para espécies associadas a ambientes abertos, como *Mycetophylax simplex*, que somente foi encontrada em restingas herbáceas e que nunca, mesmo em outras localidades, foi registrada fora desse ambiente. ALBUQUERQUE *et al.* (2005) estudaram o padrão de distribuição dos ninhos dessa espécie em restingas e sugerem que a ocorrência dessa espécie é possivelmente determinada pela disponibilidade de locais de nidificação e à presença de recursos para forrageamento. Por outro lado, a competição pode explicar a predominância de *Wasmannia auropunctata* nas fitofisionomias arbustiva e herbácea, já que essas formigas nidificam e são muito competitivas em áreas abertas, e já demonstraram potencial invasor em diversas regiões do globo (LUBIN, 1984; MAJER *et al.*, 1997; BRETON *et al.*, 2003; LONGINO & FERNÁNDEZ, 2007). CARDOSO *et al.* (2010) relataram o mesmo para *Solenopsis saevissima* na restinga do Morro dos Conventos, ao sul de Santa Catarina.

A lista com as espécies que mais contribuíram em similaridade média dentro de cada fitofisionomia (análise SIMPER) fornece as espécies típicas de cada um desses habitats e confirmam a ideia de

que características das fitofisionomias são fatores determinantes na composição da mirmecofauna. Por exemplo, observa-se que espécies crípticas, e bastante associadas à serrapilheira, como as dos gêneros *Strumigenys*, *Hypoponera*, *Discothyrea* e *Thyphlomyrmex* foram coletadas predominantemente em restingas arbóreas. Nas restingas da Ilha de Santa Catarina, a serrapilheira depende de locais onde ocorram espécies vegetais arbustivas e arbóreas e/ou que sejam protegidos de fortes ventos. Assim como acontece nas restingas, LEAL (2003) observou que, na Caatinga, a serrapilheira também pode ser escassa em alguns locais, o que limitaria a distribuição de algumas espécies.

A fitofisionomia arbustiva é um ambiente bastante heterogêneo e apresentou espécies de formigas associadas à serrapilheira (*Strumigenys eggersi*, *Strumigenys louisianae*), à vegetação (*Myrmelachista nodigera*, *Nesomyrmex sp.01* e *Pseudomyrmex gracilis*) ou a áreas abertas (*Acromyrmex striatus* e *Pogonomyrmex naegelii*). Analisando a posição dos pontos referentes à fitofisionomia arbustiva da região do Moçambique, observa-se uma proximidade com o agrupamento dos pontos de coleta das fitofisionomias arbóreas. Isso pode ser explicado pelas características estruturais particulares dessa restinga arbustiva, que apresentava uma altura média maior da vegetação, grande adensamento de plantas, presença de bromélias terrestres e acúmulo de serrapilheira, características semelhantes às das fitofisionomias arbóreas (ver capítulo 3).

Já a fitofisionomia herbácea foi a que apresentou composição mais homogênea, com todos os pontos de coleta, referentes às grades amostrais, nas diferentes áreas, muito similares. Espécies como as do gênero *Dorymyrmex*, que forrageiam em áreas abertas e nidificam diretamente no solo (CUEZZO, 2003), foram comuns em restingas herbáceas de todas as áreas. Assim como as formigas cultivadoras de fungo da tribo Attini, *Acromyrmex striatus* e *Mycetophylax morschi*, consideradas muito comuns nas restingas de Santa Catarina e que conseguem material vegetal forrageando quase que exclusivamente em plantas herbáceas (LOPES, 2005; 2007).

Outros trabalhos em restingas já haviam evidenciado essa resposta da comunidade de formigas acompanhando a estrutura da vegetação (VARGAS *et al.*, 2007; CERETO *et al.*, 2009a; CARDOSO *et al.*, 2010); no entanto, devemos destacar que esse foi o primeiro trabalho em diferentes áreas e com réplicas das fitofisionomias. Infelizmente, as áreas de coleta estão todas dentro da Ilha de Santa Catarina o que não abrange uma grande variação latitudinal e impede uma maior generalização dos resultados para esse ecossistema. No entanto, as áreas

de estudo representam áreas de restingas entre as mais representativas da Ilha e devem ser representativas, ao menos, para a região da Grande Florianópolis.

Pelos dados apresentados, fica claro que existem diferenças na composição da mirmecofauna entre as fitofisionomias existentes nas restingas e a manutenção destas deve ser prioridade nas estratégias de conservação. Além disso, em restingas como as da Ilha de Santa Catarina, que apresentam um mosaico de fitofisionomias, não basta conservar apenas faixas no sentido oceano-continente (como os 300 m previstos pela legislação), mas é preciso desenvolver estratégias que incluam contínuos que envolvam todas as fitofisionomias para uma proteção adequada das espécies e da estrutura das comunidades desses ecossistemas.

## 2.7 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E.Z.; DIEHL FLEIG, E. & DIEHL, E. 2005. Density and distribution of nests of *Mycetophylax simplex* (Emery) (Hymenoptera, Formicidae) in areas with mobile dunes on the northern coast of Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 49(1): 123-126.

ALMEIDA, L.M.; RIBEIRO-COSTA, C.S. & MARINONI, L. 2003. **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos**. Holos, Ribeirão Preto. 78p.

ANDERSEN, A.N. 2008. Not enough niches: non-equilibrial processes promoting species coexistence in diverse ant communities. **Austral Ecology**, 33: 211–220.

AQUINO, A.M.; AGUIAR-MENEZES, E.L. & QUEIROZ, J.M. 2006. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (“*pitfall-traps*”). **Circular Técnica, 16. Embrapa**. Rio de Janeiro. 8p.

BESTELMEYER, B.T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L.E.A.; BRANDÃO, C.R.F.; BROWN W.L., Jr.; DELABIE, J.H.C. & SILVESTRE, R. 2000.

Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation. Pp. 122-144. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institute Press, Washington. 280p.

BLUTHGEN, N.; VERHAAGH, M.; GOITÍA, W. 2000. Ant nests in tank bromeliads – An example of non-specific interaction. **Insectes Sociaux**, 47: 313-316.

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

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

BONNET, A. & LOPES, B.C. 1993. Formigas de dunas e restingas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC (Insecta: Hymenoptera). **Biotemas**, 6 (1): 107-114.

BRESOLIN, A. 1979. Flora da restinga da ilha de Santa Catarina. **Insula**, 10: 1-54.

BRETON, J.L.; CHAZEAU, J. & JOURDAN. 2003. Immediate impacts of invasion by *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) on native litter ant fauna in a New Caledonian rainforest. **Austral Ecology**, 28: 204–209.

CARDOSO, D.C. & CRISTIANO, M.P. 2010. Myrmecofauna of the southern catarinense restinga sandy coastal plain: New records of species occurrence for the state of Santa Catarina and Brazil. **Sociobiology**, 55 (1b): 229-239.

CARDOSO, D.C.; SOBRINHO, T.G. & SCHOEREDER. 2010. Ant community composition and its relationship with phytophysiognomies in a Brazilian Restinga. **Insectes Sociaux**, 57 (3): 293-301.

CARUSO, M.M.L. 1990. **O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais**. Editora UFSC, Florianópolis. 158p.

CASTELLANI, T.T.; FOLCHINI, R. & SCHERER, K.Z. 1995. Variação temporal da vegetação em um trecho de baixada úmida entre dunas, Praia da Joaquina, Florianópolis, SC. **Insula** 24: 37-72.

CASTELLANI, T.T.; CAUS, C.A. & VIEIRA, S. 1999. Fenologia de uma comunidade de duna frontal no Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 13 (1): 99-144.

CAUGHLEY, G. 1994. Directions in conservation biology. **Journal of Animal Ecology**. 63: 215-244.

CERDÁ, X.; RETANA, J. & MANZANEDA, A. 1998. The role of competition by dominants and temperature in the foraging of subordinate species in mediterranean ant communities. **Oecologia**, 117: 404-412.

CERETO, C.E.; ULYSSÉA, M.A.; ALBERTONI, F.F.; MARTINS, A.G. & LOPES, B.C. 2009a. Mirmecofauna associada a distintas fitofisionomias de restingas na ilha de Santa Catarina, Florianópolis, sul do Brasil. Pp. 1-5. In: **Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia, São Lourenço-MG**.

CERETO, C.E.; ROSUMEK, F.B.; LOPES, B.C.; SCHMIDT, G.; VOLTOLINI, C.H.; BEDUSCHI, T.; CASTELLANI, T.T.; HERNÁNDEZ, M.I.M. & SCHERER, K.Z. 2009b. Formigas em comunidade de duna frontal, praia do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina: riqueza, sazonalidade e relação com a vegetação. In: **Anais do XIX Simpósio de Mirmecologia**, Outro Preto.

CLARKE, K.R. & GORLEY, R.N. 2004. **Primer 6  $\beta$  (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research)**. Version 6 $\beta$ R3. PRIMER-E, Plymouth.

CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 2001. **Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. PRIMER-E, Plymouth.

CUEZZO, F. 2003. Subfamilia Dolichoderinae. Pp. 291-297. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

CUSHMAN, J. H. 1993. Latitudinal patterns in European ant assemblages: variation in species richness and body size. **Oecologia**, 95: 30-37.

DELABIE, J.H.C.; OSPINA, M. & ZABALA, G. 2003. Relaciones entre hormigas y plantas: una introducción. Pp. 167-180. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

DIEHL, E.; DIEHL-FLEIG, E. & SANHUDO, C.E.D. 2000. Mirmecofauna de solo nas dunas da Praia Grande e no Morro da Guarita nomunicípio de Torres, RS, Brasil. **Acta Biológica Leopoldensia**, 22:37-43.

DIEHL, E.; SACCHETT, F. & ALBUQUERQUE, E.Z. 2005. Riqueza de formigas de solo na praia da Pedreira, Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 49 (4): 552-556.

FALKENBERG, D.B. 1999. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, 28: 1-30.



FÉLIX, F.C. & HACKRADT, C.W. 2006. Importância do planejamento amostral em estudos ecológicos: um estudo de caso no litoral do Paraná. **Estud. Biol.**, 28 (65): 69-75.

FREITAS, A.V.L.; FRANCINI, R.B. & BROWN Jr., K.S. 2004. Insetos como indicadores ambientais. Pp. 125-151. In: CULLEN Jr., L.; RUDRAN, R. & VALLADARES-PADUA, C. (Org.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Editora UFPR, Curitiba. 665p.

FINKE, D.L. & SNYDER, W.E. 2008. Niche partitioning increases resource exploitation by diverse communities. **Science**, 321: 1488-1490.

FLOREN, A.; FREKING, A.; BIEHL M. & LINSENMAIR, K.E. (2001) Anthropogenic disturbance changes the structure of arboreal tropical ant communities. **Ecography**, 24: 547-554.

FONSECA, R.C. & DIEHL, E. 2004. Riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) epige ícas em povoamentos de Eucalyptus spp.(Myrtaceae) de diferentes idades no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 48: 95-100.

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M.; DUNN, R.R. & SANDERS, N.J. 2011. Counting ants (Hymenoptera: Formicidae): biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists . **Myrmecological News**, 15: 13-19.

GREENSLADE, P.J.M., & GREENSLADE, P. 1977. Some effects of vegetation cover and disturbance on a tropical ant fauna. **Insectes Sociaux**, 24: 163-182.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T. & RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, 4(1): 1-9.

HEFFNER, R.A.; BUTLER, M.J. & REILLY, C.K. 1996. Pseudoreplication Revisited. **Ecology**, 77 (8): 2558-2562.

HILL, J.G.; SUMMERVILLE, K.S. & BROWN, R.L. 2008. Hábitat Associations of Ant Species (Hymenoptera: Formicidae) in a Heterogeneous Mississippi Landscape. **Environmental Entomology**, . 37(2): 453-463.

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

HURLBERT, S.H. 1984. Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments. **Ecological Monographs**, 54 (2): 187-211.

KASPARI, M. 2003. Introducción a la ecología de las hormigas. Pp. 97-112. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

KASPARI, M. & WEISER, M.D. 1999. The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants. **Functional Ecology**, 13 (4): 530-538.

KLEIN, R.M. 1978. Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. **Flora Ilustrada catarinense**, parte V: 1-24.

LEAL, I.R. 2003. Diversidade de formigas. Pp. 435-462. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M. & SILVA, J.M.C. (Eds.), **Ecologia e conservação da caatinga**. Ed. Universitária da UFPE. 822p.

LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. **Numerical ecology**. 2<sup>nd</sup> Ed., Elsevier Science, Amsterdam. 853p.

LEVINGS, S. C. & TRANIELLO, J. F. A. 1981. Territoriality, nest dispersion, and community structure in ants. **Psyche**, 88: 265–319.

LONGINO, J.T. & COLWELL, R.K. 1997. Biodiversity assessment using structured inventory: Capturing the ant fauna of a tropical rain forest. **Ecological Applications**, 7(4):1263-1277.

LONGINO, J.T. & FERNÁNDEZ, F. 2007. Taxonomic review of the genus *Wasmannia*. Pp. 271-289. In: SNELLING, R.R.; FISHER, B.L. & WARD, P.S. (Org.), **Advances in ant systematics (Hymenoptera: Formicidae): homage to E. O. Wilson – 50 years of contributions**. Memoirs of the American Entomological Institute, v. 80. 690p.

LONGINO, J.T.; CODDINGTON, J. & COLWELL, R.K. 2002. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. **Ecology**, 83 (3):689–702.

LOPES, B.C. 2005. Recursos vegetais usados por *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera, Formicidae) em restinga da Praia da Joaquina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 22 (2): 372-382.

LOPES, B.C. 2007. Ecologia do forrageio por *Cyphomyrmex morschii* Emery (Hymenoptera, Formicidae) em vegetação de restinga no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 24 (1): 52-56.

LOPES, B.C. & SANTOS, R.A. 1996. Aspects of the ecology of ants (Hymenoptera: Formicidae) on the mangrove vegetation of Rio Ratonés, Santa Catarina Island, Florianópolis, SC. **Boletín de Entomología Venezolana**, 11 (2): 123-133.

LUBIN, Y.D. 1984. Changes in the native fauna of the Galápagos Islands following invasion by the little red fire ant, *Wasmannia auropunctata*.

**Biological Journal of the Linnean Society**, 21: 229-242.

MAJER, J. D. & DELABIE, J.H.C. 1994. Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in the Brazilian Amazon. **Insectes Sociaux**, 41: 343-359.

MAJER, J.D.; DELABIE, J.H.C. & MCKENZIE, N.L. 1997. Ant litter fauna of forest, forest edges and adjacent grassland in the Atlantic rain forest region of Bahia, Brazil. **Insectes Sociaux**, 44: 255-266.

MARTINS, S.E.; ROSSI, L.; SAMPAIO, P.S.P. & MAGENTA, M.A.G. 2008. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertioga, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 22: 249-274.

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

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.

PALÁCIO, E.E. & FERNÁNDEZ, F. 2003. Claves para las subfamilias y géneros. Pp. 233-260. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

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

PASSOS, L. & OLIVEIRA, P.S. 2002. Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree. **Journal of Ecology**, 90: 517-528.

PEREIRA, M.C.A.; ARAUJO, D.S.D. & PEREIRA O.J. 2001. Estrutura de uma comunidade arbustiva da restinga de Barra de Maricá, RJ. *Revista Brasileira de Botânica*. 24: 273-281.

PERFECTO, I. & VANDERMEER, J. 1996. Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. *Oecologia*, 108: 577-582.

PHILIPPI, T.E; DIXON, P.M & TAYLOR, B. 1998. Detecting trends in species composition. *Ecological applications*, 8(2): 300-308.

RIBAS, C.R. & SCHOEREDER, J.H. 2002. Are all ant mosaics caused by competition? *Oecologia* 131: 606-611.

RIBAS, C. & SCHOEREDER, J.H. 2007. Ant communities, environmental characteristics and their implications for conservation in the Brazilian Pantanal. *Biodiversity and Conservation*, 16 (5): 1511-1520.

RIBAS, C.R.; SCHOEREDER, J.H.; PIC, M. & SOARES, S.M. 2003. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. *Austral Ecology*, 28 (3): 305–314.

ROJAS, P. & FRAGOSO, C. 2000. Composition, diversity and distribution of a Chihuahuan desert ant community (Mapimí, México). *Journal of Arid Environments*, 44: 213–227.

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

ROSUMEK, F.B.; ULYSSÉA, M.A.; LOPES, B.C.; STEINER, J. & ZILLIKENS, A. 2008. Formigas de solo e de bromélias em uma área de

Mata Atlântica, Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil: levantamento de espécies e novos registros. **Biotemas**, 21 (4): 81-89.

RUXTON, G.D. & COLEGRAVE, N.C. 2006. **Experimental design for the life sciences**. 2<sup>nd</sup> Ed. Oxford University Press, Oxford. 157p.

SACCHETT, F. & DIEHL, E. 2004. Comunidades de formigas de solo no morro da Grota, Parque Estadual de Itapuã, RS. **Acta Biologica Leopoldensia**, 26: 79-92.

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.

SILVA, R.R.; FEITOSA, R. S.M. & EBERHARDT, F. 2007. Reduced ant diversity along a habitat regeneration gradient in the southern Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, 240: 61-69.

SILVA, S.M. 2005. Diagnóstico das restingas no Brasil: Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das Zonas costeira e marinha. **Relatórios temáticos, Ministério do Meio Ambiente**, 30p.

SILVA-MELO, A. 2008. **Modelo arquitetônico de ninhos, biologia e divisão de trabalho de *Pachycondyla striata* Fr. Smith, 1858 (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae)**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 117 p.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C.R.F. & SILVA, R.R. 2003. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. Pp. 113-148. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

SOARES, S.M. & SCHOEREDER, J.H. 2001. Ant-nest distribution in a

remnant of tropical rainforest in Southeastern Brazil. **Insectes Sociaux**, 48:280–286.

SOININEN, J.; MCDONALD, R. & HILLEBRAND, H. 2007. The distance decay of similarity in ecological communities. **Ecography**, 30: 3-12.

SOUZA, R.C.; CORREIA, M.E.F.; PEREIRA, M.G.; SILVA, E.M.R.; PAULA, R.R. & MENEZES, L.F.T. 2008. Estrutura da comunidade da fauna edáfica em fragmentos florestais na Restinga da Marambaia, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 3(1): 49-57.

TAVARES, A.A.; BISPO, P.C. & ZANZINIA.C.S. 2001. Comunidades de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de *Eucalyptus cloeziana* (F. Muell) e de vegetação nativa numa área de cerrado. **Revista Brasileira de Entomologia** 45: 251–256.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M.C.; SCHWAGER, M. & JELTSCH, F. 2004. Animal species diversity driven by hábitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*. 31:79–92.

THEUNIS, L.; GILBERT, M.; ROISIN, Y. & LEPONCE, M. 2005. Spatial structure of litter-dwelling ant distribution in a subtropical dry forest. **Insectes Sociaux**, 52: 366-377.

ULYSSÉA, M.A.; CERETO, C.E. ; ROSUMEK, F.B.; SILVA, R.R.; LOPES, B.C. 2010. Espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) registradas para o Estado de Santa Catarina, Brasil. Pp. 1-1. In: **Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Entomologia**, Natal.

VARGAS, A.B.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; QUEIROZ, J.M.; SOUZA, G.O. & RAMOS, E.F. 2007. Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidades de restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, 36 (1): 28-37.

WAECHTER, J.L. 1985. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. **Comunicação do Museu de Ciências da PUCRS, série Botânica**, 33: 49-68.

WALL, D.H. & MOORE, J.C. 1999. Interactions underground. **BioScience**, 49: 109-107.

WANG, C.; STRAZANAC, J.S & BUTLER, L. 2001. Association Between Ants (Hymenoptera: Formicidae) and Hábitat Characteristics in Oak-Dominated Mixed Forests. **Environmental Entomology**, 30(5): 842-848.

WARD, P.S. 2000. Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities. Pp. 99-120. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institute Press, Washington. 280p.

WENNINGER, E.J. & INOUYE, R.S. 2008. Insect community response to plant diversity and productivity in a sagebrush-steppe ecosystem. **Journal of Arid Environments**, 72: 24-33.

WILSON, E.O. 1976. Which are the most prevalent ant genera? **Studia Entomologica**, 19 (1-4): 187-200.

WILSON, E.O. & HÖLLDOBLER, B. 2005. The rise of the ants: a phylogenetic and ecological explanation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 102 (21): 7411-7414.



### **3 CAPÍTULO 2 - DENSIDADE DE ESPÉCIES DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS EM RESTINGAS DA ILHA DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL**

#### **3.1 RESUMO**

A hipótese da heterogeneidade ambiental prevê que habitats mais complexos ofereçam condições para a existência de um maior número de espécies. Nesse trabalho, essa hipótese foi testada para a mirmecofauna epigéica em três fitofisionomias (herbácea, arbustiva, arbórea) de diferentes áreas de restingas da Ilha de Santa Catarina, ambiente para o qual já foi descrito um aumento gradativo da complexidade estrutural do habitat, principalmente em relação à vegetação. Armadilhas *pitfall* foram utilizadas para a coleta de 101 espécies de formigas considerando as três áreas estudadas: regiões de Moçambique, Lagoa Pequena e Pântano do Sul. Não foi encontrada diferença significativa entre a densidade de espécies nas diferentes fitofisionomias; no entanto, foi observada uma tendência, já relatada em outros trabalhos, de que a fitofisionomia herbácea (menor complexidade) apresenta densidades de espécies menores que as demais. Esse padrão pode não ter sido detectado devido a um viés inerente à metodologia de coleta, já que armadilhas de queda (*pitfall*) podem sub amostrar, principalmente, formigas associadas à serrapilheira, estrutura que é mais representativa nas fitofisionomias arbóreas e arbustivas.

#### **3.2 INTRODUÇÃO**

A riqueza de espécies pode ser influenciada por processos que atuam em diferentes escalas espaciais e temporais (RICKLEFS & SCHLUTER, 1993). Como uma escala local, pode ser considerada uma área onde todas as espécies ocorrem e estão aptas a encontros e interações ecológicas, e isso depende da dispersão e da mobilidade das espécies envolvidas (SOARES *et al.*, 2001). Numa escala local, interações entre as espécies, disponibilidade de recursos e as condições oferecidas pelo habitat são os principais processos que determinam riqueza de espécies (PERFECTO & SNELLING, 1995; RIBAS *et al.*, 2003). Além disso, são esperadas interações entre esses processos e, por exemplo, a variação nas condições de habitats afetará a distribuição das espécies e as possíveis

interações (NESTEL & DICKSCHEN, 1990).

A hipótese da heterogeneidade de hábitat desenvolvida inicialmente por MacArthur & MACArthur (1961), considera que ambientes mais heterogêneos ou complexos disponibilizariam mais recursos, o que acarretaria em maior número de nichos, suportando maior diversidade de espécies que ambientes mais simples (TEWS *et al.*, 2004). Essa relação positiva entre o aumento da complexidade do hábitat e o aumento da riqueza já foi registrada para várias espécies de animais. Porém, dependendo do grupo taxonômico e da escala espacial, a riqueza pode ter relação negativa com o aumento da heterogeneidade de hábitat (LASSAU & HOCHULI, 2004; TEWS *et al.*, 2004; RIBAS & SCHOEREDER, 2007). A complexidade de hábitat também pode influenciar a composição das assembleias de espécies (CRAMER & WILIG, 2005). Ambientes com níveis de complexidade de hábitat variáveis apresentam diferenças, por exemplo, nos níveis de luminosidade, temperatura e umidade, características que podem determinar a ocorrência ou não de espécies, dando a elas suporte para a reprodução, nidificação, desenvolvimento e forrageamento das diferentes espécies de animais (RIBAS *et al.*, 2003; TEWS *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2010).

No entanto, a maioria das comparações ecológicas de biodiversidade não são comparações de riqueza, e sim de densidade de espécies, ou seja, o número de espécies por unidade de área, já que a maioria dos estudos é padronizada com base numa área ou esforço amostral e partem do princípio de que as amostras representam populações de indivíduos que podem ter suas densidades comparadas (SIMPSON, 1964; GOTELLI & COLWELL, 2001). Curvas de acumulação de espécies em função do número de amostras permitem a padronização de conjuntos de dados com diferentes esforços amostrais e são recomendadas para a comparação de densidade de espécies, além de permitirem a verificação de suficiência amostral (GOTELLI & COLWELL, 2001; GOTELLI *et al.*, 2011). Em muitas comunidades, principalmente com invertebrados, muitas vezes é impraticável atingir suficiência amostral e vários estimadores de espécies foram desenvolvidos e também são indicados para a comparação de biodiversidade (COLWELL & CODDINGTON, 1994; MAGURRAN, 2004; GOTELLI *et al.*, 2011).

A comunidade vegetal das restingas é composta por distintas fisionomias que apresentam diferenças na composição, hábito das espécies e outras condições que resultam em um gradiente de complexidade estrutural (FALKENBERG, 1999). Essas fisionomias podem estar dispostas em uma zonação oceano-continente ou ocorrer na forma de um mosaico de fitofisionomias, de acordo com a distância do mar,

diminuição da influência da salinidade ou em função de gradientes locais de disponibilidade de água (WAECHTER, 1985; FALKENBERG, 1999). As formigas são um grupo ideal para testar padrões locais de densidade de espécies em habitats com diferentes complexidades estruturais porque estão entre os principais animais onívoros terrestres e, dependendo da escala, os padrões de riqueza e/ou densidade de espécies pode variar bastante entre regiões (KASPARI, 2000), tipo de vegetação (Majer & Delabie, 1994), distúrbios antropogênicos (FLOREN *et al.*, 2001) e estágios de regeneração da vegetação (SILVA *et al.*, 2007).

### 3.3 OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho foi descrever e comparar a densidade de espécies ao longo de diferentes fitofisionomias de restinga (herbácea, arbustiva e arbórea), em três diferentes áreas da Ilha de Santa Catarina (regiões de Moçambique, Lagoa Pequena e Pântano do Sul). Como já descrito na literatura, existe um aumento gradativo de complexidade estrutural, principalmente em relação à vegetação (FALKENBERG, 1999); assim, testamos a hipótese de que, na existência desse gradiente estrutural, encontraremos diferença na densidade de espécies de formigas para as diferentes fitofisionomias, com a fitofisionomia arbórea (maior complexidade estrutural) apresentando a maior densidade de espécies. Contudo, como as três áreas estudadas apresentam restingas características e representativas da Ilha, não esperamos diferenças na densidade de espécies de formigas entre as áreas.

### 3.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os itens referentes à Área de estudo, Metodologia de coleta, Desenho Amostral e Identificação das formigas são os mesmos apresentados no Capítulo 1. A seguir será apresentado como foram realizadas as análises dos dados específicas para esse capítulo.

#### 3.4.1 Análise dos dados

Os dados obtidos foram organizados como registros de ocorrência de espécies - ou seja, número de armadilhas em que cada espécie foi capturada

- nas diferentes fitofisionomias das restingas estudadas. (LONGINO *et al.*, 2002). Tal procedimento é mais apropriado para estudos ecológicos com a mirmecofauna, já que as medidas de ocorrência de espécies não sofrem os efeitos do tamanho das colônias, nem do comportamento de recrutamento das operárias, o que levaria a superestimar aquelas espécies com sistemas de recrutamento mais eficientes e/ou aquelas cujas colônias estão mais próximas das armadilhas (TAVARES *et al.*, 2001).

Para verificar se existe diferença na densidade de espécies entre as diferentes áreas e fitofisionomias nas restingas da Ilha, utilizamos curvas de acumulação de espécies segundo o método Mao Tau (“*sample based rarefaction*” na terminologia de GOTELLI & COLWELL, 2001), com intervalos de confiança de 95% (COLWELL *et al.*, 2004). Esse é um método de interpolação indicado para comparações de **densidade de espécies**, já que as curvas esperadas são geradas em função do número de amostras (GOTELLI & COLWELL, 2001; GOTELLI *et al.*, 2011). Essas curvas ainda são úteis para avaliar se houve suficiência amostral durante o estudo indicando se o número de coletas foi representativo em relação à assembleia de formigas da área (LONGINO, 2000). Os cálculos foram realizados através do programa EstimateS 8.2 (COLWELL, 2009).

Na mesma análise, foi calculada uma estimativa do total de espécies através do estimador não-paramétrico CHAO 2, que se baseia, de um modo geral, na incidência de espécies raras, considerando principalmente as espécies que ocorrem em apenas uma das armadilhas (*uniques*) e aquelas que ocorrem em até duas armadilhas (*duplicates*) (MAGURRAN, 2004; CHAO, 2005). Estimadores de riqueza são especialmente importantes em muitos inventários e estudos onde atingir a suficiência amostral se torna algo impraticável, o que é bastante comum com invertebrados tropicais (GOTELLI *et al.*, 2011; LONGINO *et al.*, 2002).

### 3.5 RESULTADOS

Considerando as três áreas de estudo, foi coletado um total de 101 espécies e morfoespécies de formigas, pertencentes a 35 gêneros e oito subfamílias, de acordo com BOLTON (2003). As subfamílias amostradas foram Dolichoderinae (8 espécies), Ecitoninae (2), Ectatomminae (3), Formicinae (26), Myrmicinae (50), Ponerinae (10), Proceratiinae (1) e Pseudomyrmecinae (2).

Os gêneros mais ricos em espécies foram *Pheidole* (13 espécies) seguido de *Camponotus* (12), *Brachymyrmex* (8) e *Solenopsis* (8). *Solenopsis* sp.02 foi a espécie mais frequente, sendo capturada em mais

de um terço das armadilhas (35,28%), seguida de *Pachycondyla striata* (33,06%), *Wasmannia auropunctata* (28,89%) e *Pheidole* sp.12 (26,94%).

Não foi encontrada diferença significativa entre a densidade de espécies das diferentes áreas de restinga na Ilha de Santa Catarina o que pode ser observado considerando a sobreposição dos intervalos de confiança (95%) entre as respectivas curvas de acumulação de espécies (Mao Tau) (Figura 3). No entanto, foram observados diferentes valores para o total de espécies acumuladas em cada área, com o Pântano do Sul apresentando 70 espécies, seguida da região do Moçambique (66) e da Lagoa Pequena (65).

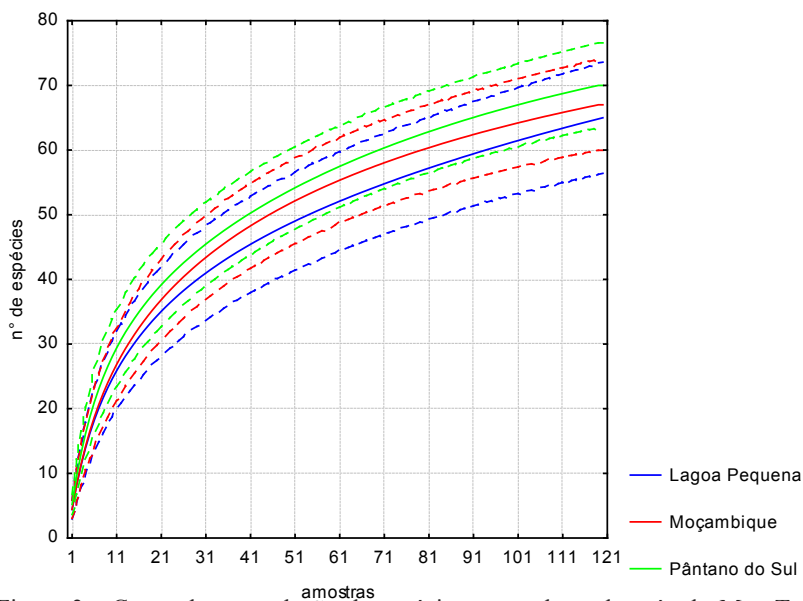


Figura 3 - Curva de acumulação de espécies esperadas pelo método Mao Tau (sample-based rarefaction) calculada para as diferentes áreas de restinga na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC. As linhas pontilhadas indicam um intervalo de confiança de 95%.

De um modo geral, também não foi encontrada diferença significativa entre a densidade de espécies das diferentes fitofisionomias das restingas. No entanto, nas três áreas estudadas observa-se uma tendência, com a fitofisionomia herbácea apresentando densidade de espécies menor que as demais (Figuras 4 e 5). Contudo, apenas na região da Lagoa Pequena essa diferença é significativa (Figura 5).

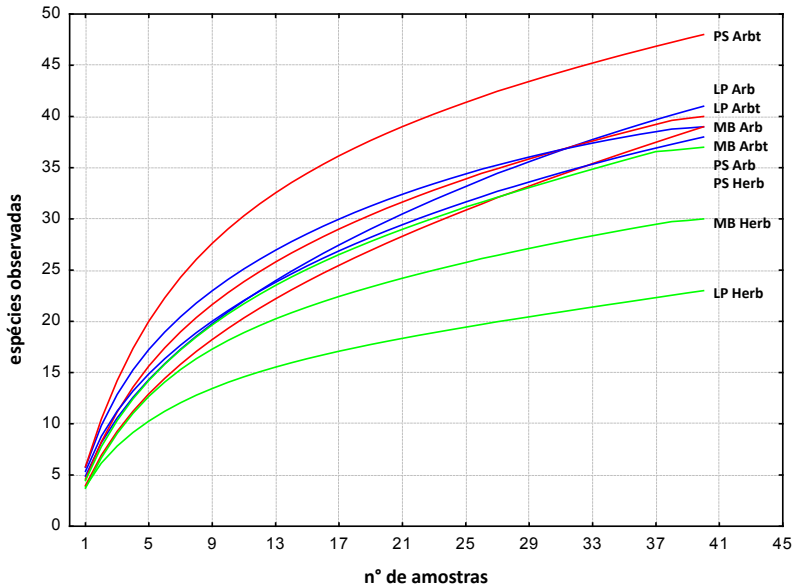


Figura 4 - Curva de acumulação de espécies esperadas pelo método Mao Tau (sample-based rarefaction) calculada para cada uma das fitofisionomias das diferentes áreas de restinga na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Para melhor visualização os intervalos de confiança gerados pela análise foram omitidos. (LP - Lagoa Pequena, MB - Moçambique, PS - Pântano do Sul, Arb - Arbórea (em azul), Arbt – Arbustiva (vermelho), Herb - Herbácea (verde)).

Considerando-se as mesmas fitofisionomias para as diferentes áreas amostradas, também não foi possível verificar diferença significativa (Figura 5), ou seja, as restingas herbáceas das três áreas não diferiram significativamente, assim como para as fitofisionomias arbustivas e arbóreas.

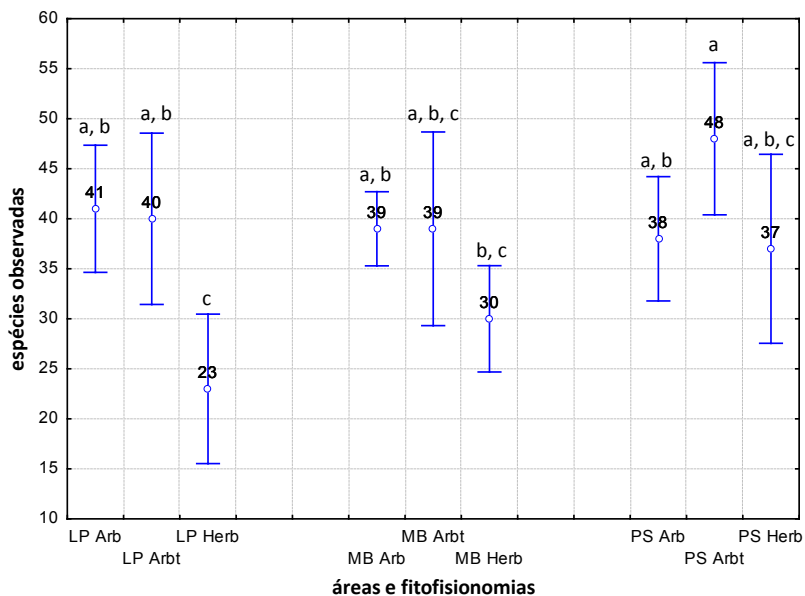


Figura 5 - Total de espécies observadas (Mao Tau) com os respectivos intervalos de confiança (95%), considerando o total de armadilhas (n=40), para cada uma das fitofisionomias das diferentes áreas de restinga na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC. (LP - Lagoa Pequena, MB - Moçambique, PS - Pântano do Sul, Arb - Arbórea, Arbt - Arbustiva, Herb - Herbácea).

Quando comparamos as densidades estimadas através do CHAO 2 entre as diferentes fitofisionomias, em todas as áreas o resultado foi semelhante. Apesar de apresentarem valores diferentes para as densidades estimadas absolutas, não houve diferença significativa entre as fitofisionomias, considerando um intervalo de confiança de 95% (Tabela 1).

Tabela 1 - Total de espécies observadas (Sobs), considerando o total de armadilhas (n=40), estimador de espécies Chao 2 e o respectivo desvio padrão (dp), únicos e duplicates para as diferentes fitofisionomias das três áreas de restingas na ilha de Santa Catarina, SC. (Arb = Arbórea, Arbt = Arbustiva), Herb = Herbácea).

	Lagoa Pequena		Moçambique		Pântano do Sul				
	Arb	Arbt	Herb	Arb	Arbt	Herb	Arb	Arbt	Herb
S (obs)	41	40	23	39	39	30	38	48	37
MaoTau (dp)	3,24	4,37	3,81	1,89	4,94	2,71	3,17	3,88	4,82
Chao 2	53,05	65,58	40,55	42,19	85,31	37,31	49,09	65,06	75,95
Chao 2 (dp)	7,77	18,31	15,78	3,02	30,01	6,21	7,90	11,86	27,95
Únicos	17	15	9	9	20	10	14	15	16
Duplicates	10	3	1	10	3	5	7	5	2

### 3.5 DISCUSSÃO

Não foi encontrada diferença significativa entre as densidades de espécies de restingas nas três áreas de restingas estudadas da Ilha de Santa Catarina. No entanto, a hipótese de que as diferentes fitofisionomias apresentariam densidades de espécies diferentes, com as restingas arbóreas apresentando maiores densidades, devido à maior complexidade estrutural, não foi corroborada pelas análises aqui utilizadas. Diante desse cenário, como explicar que áreas menos complexas possam igualar a densidade de espécies com áreas estruturalmente mais complexas?

Segundo a hipótese da heterogeneidade ambiental (MACARTHUR & MACARTHUR, 1961), hábitats mais complexos ofereceriam, em resumo, maior disponibilidade de recursos para as formigas. Por isso, seriam esperadas



maiores densidades de espécies nas fitofisionomias arbóreas e arbustivas, que apresentam uma heterogeneidade de habitats maiores do que as herbáceas (FALKENBERG, 1999), principalmente devido ao acúmulo de serrapilheira e a estrutura vegetal mais desenvolvida encontrada nessas fitofisionomias, e que são importantes recursos para nidificação e alimentação para estes insetos (WALL & MOORE, 1999; DELABIE *et al.*, 2003; PEREIRA, 2006).

Diversos trabalhos indicam uma relação positiva entre densidade de espécies e/ou diversidade com a complexidade de habitat (ver TEWS *et al.*, 2004 para uma revisão). Por outro lado, existem dados bastante contrastantes, como os de LASSAU & HOCHULI (2004), que encontraram a maior densidade de espécies em áreas menos complexas, e o mesmo raciocínio apresentado pelos autores poderia ser aqui utilizado para explicar o padrão observado. Um dos mecanismos que ajudam a entender seria o fato que o movimento das formigas pode ser energeticamente mais eficiente em áreas menos complexas, onde a superfície do solo (incluindo serrapilheira, plantas herbáceas, gravetos) fica mais facilmente transponível, ao menos na escala de forrageio para as formigas epigéicas (ver “*size grain hypothesis*”, KASPARI & WEISER, 1999). No trabalho de LASSAU & HOCHULI (2004), os autores ainda chamam a atenção para diversas vantagens que as formigas teriam em áreas mais abertas e menos complexas, como a facilidade para a construção e guarda dos ninhos, e maiores intensidades de radiação luminosa, o que seria interessante energeticamente, já que boa parte das espécies de formigas seriam termofílicas (HÖLDOBLER & WILSON, 1990) e a termo-tolerância é considerado um fator importante mediando a competição, principalmente em habitats que apresentam flutuações de temperatura ao longo do dia (WITTMAN *et al.*, 2010), o que é observado principalmente nas áreas abertas das restingas.

Outra explicação seria que nenhuma das curvas de acumulação de espécies, para as diferentes fitofisionomias das três áreas estudadas, atingiram uma assíntota, o que indica insuficiência amostral, e isso poderia prejudicar a comparação das densidades (MAGURRAN, 2004). Nesse sentido, o estimador de espécies (CHAO 2) poderia ser útil para comparar a densidade entre as áreas; no entanto, também não foi observada diferença significativa entre as densidades estimadas para as diferentes fitofisionomias das três áreas de restinga da Ilha. Na maioria dos casos, os estimadores ainda não haviam estabilizado com o número de amostras; no entanto, mesmo nesses casos LONGINO *et al.* (2002) afirmam que apesar de não se obter um número estimado confiável, os estimadores CHAO são úteis para indicar um mínimo do possível número

de espécies.

Em todas as áreas foram registrados números relativamente grandes de espécies pouco comuns, as consideradas *uniques e duplicates*, que representam a grande maioria das espécies exclusivas de cada área, e cerca de 40 % dos registros para a Ilha (41 espécies). Isso pode ser mais um indício de que não foi atingida uma suficiência amostral. COLWELL & CODDINGTON (1994) sugerem que um censo só pode ser considerado completo quando todas as espécies aparecem em pelo menos duas amostras. Entre as principais espécies pouco frequentes encontramos formigas associadas à serrapilheira (por exemplo, espécies de *Carebara*, *Hypoponera*, *Strumigenys* e *Thyphlomyrmex*) ou à vegetação (por exemplo, espécies de *Cephalotes*, *Myrmelachista* e *Procryptocerus*), que provavelmente foram subamostradas devido à metodologia utilizada. Esses micro-habitats são encontrados principalmente nas restingas arbóreas e arbustivas. Logo, em áreas menos complexas, e que possuem mais áreas abertas, a coleta de espécies é facilitada com o uso de armadilhas *pitfall*, que dependem da movimentação das formigas na superfície do solo (BESTELMEYER *et al.*, 2000). Assim, não descartamos a possibilidade de que o padrão aqui encontrado pode ainda ser resultado de um viés inerente à metodologia de coleta (ver *sampling bias*, MELBOURNE, 1999), problema que já foi detectado em diversos trabalhos (ROMERO & JAFFE, 1989; BESTELMEYER, 2000; PARR & CHOWN, 2001; KING & PORTER, 2005).

Os únicos trabalhos que já haviam explorado esse assunto para restingas registraram menores densidades nas fitofisionomias menos complexas das respectivas áreas estudadas (VARGAS *et al.*, 2007; CARDOSO, 2009; CERETO *et al.*, 2009). Vale ressaltar que esses trabalhos foram realizados em uma única área de restinga, e aqui, pela primeira vez utilizamos repetições dos tratamentos (fitofisionomias). Por outro lado, no presente trabalho, foi observada uma tendência de as fitofisionomias herbáceas (com menor complexidade estrutural) apresentarem menores densidades de espécies que as demais, sempre com as menores densidades absolutas nas três áreas estudadas; no entanto, somente na região da Lagoa Pequena essa diferença foi significativa (mesma região estudada por CERETO *et al.*, 2009). Segundo a hipótese que testamos, ainda seria esperado que as fitofisionomias arbóreas apresentassem maiores densidades do que a fitofisionomia arbustiva, o que não foi verificado também nos trabalhos de VARGAS *et al.* (2007) e CERETO *et al.* (2009). As fitofisionomias arbustivas exibem um mosaico de micro-habitats, apresentando áreas abertas intercaladas com áreas com intensa cobertura vegetal e acúmulo de serrapilheira;

assim, a mirmecofauna das restingas arbustivas apresenta similaridade intermediária com as demais fitofisionomias, com espécies associadas à vegetação, serrapilheira ou áreas abertas, o que pode resultar numa densidade de espécies semelhante à das restingas arbóreas. Acreditamos que as restingas arbóreas foram as mais prejudicadas pelo viés associado à metodologia, já que esta fitofisionomia é a que apresenta maior quantidade de serrapilheira acumulada e sabe-se que a maioria das espécies de formigas está associada ao solo e à serrapilheira (WALL & MOORE, 1999; PEREIRA, 2006).

Os resultados aqui encontrados não permitem afirmações conclusivas em relação à densidade de espécies nas diferentes fitofisionomias das restingas, e abrem um leque de possibilidades para explicar o observado. Apesar de a hipótese testada não ter sido corroborada pelas análises utilizadas, existe a possibilidade de, ao menos, a fitofisionomia herbácea (menor complexidade) apresentar densidades menores que as demais, tendência que foi observada também em outros trabalhos; acreditamos que isso possa estar relacionado a um viés inerente à metodologia de coleta, no caso as armadilhas *pitfall*, já que elas subamostram, principalmente, espécies epigéicas associadas à serrapilheira, micro-hábitat bastante importante para as formigas; portanto, consideramos que as fitofisionomias arbóreas e alguns habitats das fitofisionomias arbustivas foram os mais prejudicados nesse sentido. Com a finalidade de esclarecer esse cenário, recomendamos a complementação de metodologias com a utilização das armadilhas *pitfall* junto a coletas que envolvam serrapilheira, como por exemplo, as técnicas do extrator de Winkler e/ou funil de Berlese, que nunca foram exploradas em restingas. O protocolo de coletas apresentado por AGOSTI & ALONSO (2000) pode ser uma boa alternativa.

### 3.6 REFERÊNCIAS

- AGOSTI, D. & ALONSO, L.E. 2000. The ALL protocol. Pp. 204-203. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institute Press, Washington. 280p.
- ALMEIDA, L.M.; RIBEIRO-COSTA, C.S. & MARINONI, L. 2003. **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos**. Holos, Ribeirão Preto. 78p.
- AQUINO, A.M.; AGUIAR-MENEZES, E.L. & QUEIROZ, J.M. 2006.

Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (“pitfall-traps”). **Circular Técnica, 16. Embrapa.** Rio de Janeiro. 8p.

BESTELMEYER, B.T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L.E.A.; BRANDÃO, C.R.F.; BROWN W.L., Jr.; DELABIE, J.H.C. & SILVESTRE, R. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation. Pp. 122-144. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity.** Smithsonian Institute Press, Washington. 280p.

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

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

BRESOLIN, A. 1979. Flora da restinga da ilha de Santa Catarina. **Insula**, 10: 1-54.

CARDOSO, D.C. 2009. **Determinantes de comunidades de formigas em restinga.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 82p.

CARUSO, M.M.L. 1990. **O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais.** Editora UFSC, Florianópolis. 158p.

CASTELLANI, T.T.; CAUS, C.A. & VIEIRA, S. 1999. Fenologia de uma comunidade de duna frontal no Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 13 (1): 99-144.

CERETO, C.E; ULYSSÉA, M.A.; ALBERTONI, F.F.; MARTINS, A.G.

& LOPES, B.C. 2009. Mirmecofauna associada a distintas fitofisionomias de restingas na ilha de Santa Catarina, Florianópolis, sul do Brasil. Pp. 1-5. In: **Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia, São Lourenço-MG.**

CHAO, A. 2005. Species richness estimation. Pp. 7909-7916, In: BALAKRISHNAN, N.; READ, C.B & VIDA KOVIC, B. (Eds). **Encyclopedia of Statistical Sciences.** New York, Wiley.

COLWELL, R.K. 2009. **Estimates (Statistical estimation of species richness and shared species from samples)**, version 8.2.

COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions: Biological Sciences**, 345(1311): 101-118.

COLWELL, R.K.; MAO, C.X. & CHANG, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology**, 85(10): 2717-2727.

CRAMER, M.J. & WILIG, M.R. 2005. Hábitat heterogeneity, species diversity and null models. **Oikos**, 108: 209-218.

DELABIE, J.H.C.; OSPINA, M. & ZABALA, G. 2003. Relaciones entre hormigas y plantas: una introducción. Pp. 167-180. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical.** Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

FALKENBERG, D.B. 1999. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, 28: 1-30.

FÉLIX, F.C. & HACKRADT, C.W. 2006. Importância do planejamento amostral em estudos ecológicos: um estudo de caso no litoral do Paraná.

**Estud. Biol.**, 28 (65): 69-75.

FLOREN, A.; FREKING, A.; BIEHL M. & LINSENMAIR, K.E. (2001) Anthropogenic disturbance changes the structure of arboreal tropical ant communities. **Ecography**, 24: 547-554.

FREITAS, A.V.L.; FRANCINI, R.B. & BROWN Jr., K.S. 2004. Insetos como indicadores ambientais. Pp. 125-151. In: CULLEN Jr., L.; RUDRAN, R. & VALLADARES-PADUA, C. (Org.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Editora UFPR, Curitiba. 665p.

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

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M.; DUNN, R.R. & SANDERS, N.J. 2011. Counting ants (Hymenoptera: Formicidae): biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists . **Myrmecological News**, 15: 13-19.

HEFFNER, R.A.; BUTLER, M.J. & REILLY, C.K. 1996. Pseudoreplication Revisited. **Ecology**, 77 (8): 2558-2562.

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

HURLBERT, S.H. 1984. Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments. **Ecological Monographs**, 54 (2): 187-211.

KASPARI, M. 2000. A primer on ant ecology. Pp. 9-24. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian

Institute Press, Washington. 280p.

KASPARI, M. & WEISER, M.D. 1999. The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants. **Functional Ecology**, 13 (4): 530-538.

KING, J.R. & PORTER, S.D. 2005. Evaluation of sampling methods and species richness estimators for ants in upland ecosystems in Florida. **Environmental Entomology**, 34 (6): 1566-1578.

KLEIN, R.M. 1978. Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. **Flora Ilustrada catarinense**, parte V: 1-24.

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

LONGINO, J.T. 2000. What to do with the data. Pp. 186-201. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institute Press, Washington. 280p.

LONGINO, J.T.; CODDINGTON, J. & COLWELL, R.K. 2002. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. **Ecology**, 83 (3):689–702.

MACARTHUR, R.H. & MACARTHUR, J.W. 1961. On bird species diversity. **Ecology**, 42, 594–598.

MAGURRAN, A.E. 2004. **Measuring biological diversity**. 2<sup>nd</sup> Ed., Blackwell Publishing, Oxford. 256p.

MAJER, J. D. & DELABIE, J.H.C. 1994. Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas

in the Brazilian Amazon. **Insectes Sociaux**, 41: 343-359.

MELBOURNE, B.A. 1999. Bias in the effect of hábitat structure on pitfall traps: an experimental evaluation. **Australian Journal of Ecology**. 24: 228-239.

NESTEL, D. & DICKSCHEN, F. 1990. The foraging kinetics of ground ant communities in different mexican coffee agroecosystems. **Oecologia**, 84 (1): 58-63.

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.

PALÁCIO, E.E. & FERNÁNDEZ, F. 2003. Claves para las subfamilias y géneros. Pp. 233-260. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

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

PEREIRA, A. 2006. A vida entre folhas secas. **Pesquisa FAPESP**, 120: 48-51.

PERFECTO, I. & SNELLING, R. 1995. Biodiversity and transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. **Ecological Applications**, 5 (4): 1084-1097.

RIBAS, C. & SCHOEREDER, J.H. 2007. Ant communities, environmental characteristics and their implications for conservation in the Brazilian Pantanal. **Biodiversity and Conservation**, 16 (5): 1511-1520.

RIBAS, C.R.; SCHOEREDER, J.H.; PIC, M. & SOARES, S.M. 2003.



Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. **Austral Ecology**, 28 (3): 305–314.

RICKLEFS, R.E. & SCHLUTER, D. 1993. **Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives**. The University of Chicago Press, Chicago. 414 p.

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

RUXTON, G.D. & COLEGRAVE, N.C. 2006. **Experimental design for the life sciences**. 2<sup>nd</sup> Ed. Oxford University Press, Oxford. 157p.

SILVA, R.R.; FEITOSA, R. S.M. & EBERHARDT, F. 2007. Reduced ant diversity along a hábitat regeneration gradient in the southern Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, 240: 61-69.

SILVA, R.J.; DINIZ, S. & VAZ-DE-MELLO, F.Z. 2010. Heterogeneidade do hábitat, riqueza e estrutura da assembléia de besouros rola-bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em áreas de Cerrado na Chapada dos Parecis, MT. **Neotropical Entomology**, 39(6): 934-940.

SIMPSON, G.G. 1964. Species density of North American recent mammals. **Systematic Zoology**, 13: 57-73.

SOARES, S.M.; SCHOEREDER, J.H. & SOUZA, O. 2001. Processes involved in species saturation of ground-dwelling ant communities (Hymenoptera, Formicidae). **Austral Ecology**, 26: 187–192.

TAVARES, A.A.; BISPO, P.C. & ZANZINI A.C.S. 2001. Comunidades de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de *Eucalyptus*

*cloeziana* (F. Muell) e de vegetação nativa numa área de cerrado. **Revista Brasileira de Entomologia** 45: 251–256.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M.C.; SCHWAGER, M. & JELTSCH, F. 2004. Animal species diversity driven by hábitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*. 31:79–92.

VARGAS, A.B.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; QUEIROZ, J.M.; SOUZA, G.O. & RAMOS, E.F. 2007. Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidades de restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, 36 (1): 28-37.

WAECHTER, J.L. 1985. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. **Comunicação do Museu de Ciências da PUCRS, série Botânica**, 33: 49-68.

WALL, D.H. & MOORE, J.C. 1999. Interactions underground. **BioScience**, 49: 109-107.

WITTMAN, S.E.; SANDERS, N.J.; ELLISON, A.M.; JULES, E.S.; RATCHFORD, J.S & GOTELLI, N.J. 2010. Species interactions and thermal constraints on ant community structure. **Oikos**, 119: 551–559.

## **4 CAPÍTULO 3 - EFEITOS DE FATORES AMBIENTAIS SOBRE A MIRMECOFAUNA EM RESTINGAS DA ILHA DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL: COMO A COMPLEXIDADE DO HÁBITAT PODE INFLUENCIAR DENSIDADE E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES?**

### **4.1 RESUMO**

As comunidades podem ser afetadas por fatores bióticos e abióticos, os quais determinam muitas vezes a distribuição e abundância dos organismos nos ecossistemas. As restingas são formadas por um conjunto de ecossistemas situados na costa brasileira que apresentam algumas condições estressantes aos organismos, como baixa retenção de água pelo solo arenoso e a influência da salinidade. As diferentes fitofisionomias encontradas nas restingas apresentam diferenças estruturais que fornecem as diferentes condições micro-climáticas que podem ser fundamentais para a distribuição das espécies. Os objetivos desse trabalho foram: caracterizar as diferentes fitofisionomias das restingas de acordo com as variáveis ambientais profundidade de serrapilheira, cobertura do solo por serrapilheira e vegetação, abundância de bromélias e altura da vegetação, além de avaliar como essas variáveis ambientais ou conjunto de variáveis, presentes no micro-habitat onde as formigas vivem, podem influenciar composição e densidade de espécies de formigas ao longo das diferentes fitofisionomias das restingas. Foi observado um gradiente de complexidade estrutural, com base nas variáveis mensuradas, que se refletem principalmente na composição da mirmecofauna encontrada nas diferentes fitofisionomias. As análises indicam que a presença e/ou volume de serrapilheira tem uma relação positiva com a densidade de espécies e, principalmente, atua como uma estrutura chave na determinação da distribuição das espécies ao longo das fitofisionomias.

### **4.2 INTRODUÇÃO**

Entender os fatores que determinam a distribuição e abundância dos organismos em seus ambientes naturais é uma das principais metas em estudos ecológicos. É amplamente conhecido que a estrutura das comunidades é afetada por uma série de fatores bióticos e abióticos, com a importância relativa de cada um deles dependendo do ecossistema e

da escala temporal e espacial estudada (LEVIN, 1992). Diversos fatores, tais como, condições físicas, micro-clima, recursos para nidificação e alimentação, somados às relações intra e interespecíficas, são apontados como os principais responsáveis pela distribuição espacial das espécies (TEWS *et al.*, 2004). A competição muitas vezes é relatada como o principal fator estruturador das comunidades, principalmente para formigas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; SANTOS *et al.*, 2008); a competição interespecífica seria forte principalmente entre espécies que possuem grande similaridade morfológica e que utilizam de forma semelhante os mesmos recursos (GOTELLI & ELLISON, 2002). No entanto, outros fatores delineando a distribuição das espécies também devem ser levados em consideração, como a capacidade de dispersão e necessidades intrínsecas por determinados recursos e condições (RIBAS *et al.*, 2003).

A complexidade de hábitat também pode influenciar a composição e a diversidade de espécies (CRAMER & WILIG, 2005). Ambientes com níveis de complexidade de hábitat variáveis apresentam diferenças, por exemplo, nos níveis de luminosidade, temperatura e umidade, e outras características que podem determinar a ocorrência ou não de espécies, dando a elas suporte para a reprodução, nidificação, desenvolvimento e forrageamento (RIBAS *et al.*, 2003; TEWS *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2010). A estrutura da vegetação também pode ter um papel fundamental sobre a comunidade animal, já que é o principal promotor dos fatores e condições acima mencionados, principalmente em ambientes áridos e semi-áridos (WENNIGER & INOUE, 2008).

As restingas são formadas por um conjunto de ecossistemas costeiros que apresenta comunidades adaptadas a diversos fatores estressantes, principalmente devido ao solo arenoso, e outros como a salinidade, escassez de nutrientes, intensa movimentação do sedimento e estresse hídrico (CORDAZZO *et al.*, 2006). Exceto pelo regime de chuvas, as restingas apresentam algumas condições semelhantes a regiões desérticas, com baixa retenção de água pelo solo, altos níveis de radiação solar e grande variação da temperatura ao longo do dia (FRANCO *et al.*, 1984). A comunidade vegetal das restingas é composta por distintas fisionomias que apresentam diferenças na composição, hábito das espécies e outras condições que resultam em habitats com diferentes complexidades estruturais (FALKENBERG, 1999). Essas fisionomias podem estar dispostas em uma zonação oceano-contidente ou ocorrer na forma de um mosaico de fitofisionomias, de acordo com a distância do mar, diminuição da influência da salinidade ou em função de gradientes locais de disponibilidade de água (WAECHTER, 1985; FALKENBERG,

1999).

As formigas são consideradas um excelente grupo para estudos ecológicos envolvendo comunidades devido a suas diversas contribuições para a funcionalidade dos ecossistemas. Direta ou indiretamente, elas afetam grupos de fauna e flora atuando como predadoras, detritívoras, dispersores de sementes, na ciclagem de nutrientes, proteção de algumas plantas e no revolvimento do solo (Hölldobler & Wilson, 1990; AGOSTI *et al.*, 2000). Também são consideradas adequadas para comparar áreas com diferenças na complexidade estrutural e para o monitoramento ambiental, já que várias espécies têm preferências por habitats e condições e respondem rapidamente a distúrbios no ambiente (ALONSO, 2000, KASPARI & MAJER, 2000).

As condições de temperatura e umidade criam diversas restrições para a maioria das espécies de formigas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Em ambientes áridos, umidade e temperatura são muito importantes e podem exercer forte influência na distribuição de insetos (WENNINGER & INOUE, 2008), sendo que a temperatura e umidade do solo estão positivamente relacionadas com a estrutura da vegetação (FRANCO *et al.*, 1984; LASSAU & HOCHULI, 2004). Nas restingas, essas variáveis estão relacionadas com a zonação das fitofisionomias (MAUN, 1998). Outras variáveis que podem estar relacionadas à complexidade estrutural dos habitats e que estão diretamente relacionadas a recursos para a mirmecofauna são, por exemplo, serrapilheira e a estrutura da vegetação (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; KASPARI, 2000). A serrapilheira abriga diversos grupos de artrópodes que possuem um papel fundamental na estruturação e função das cadeias tróficas das quais as formigas participam (KASPARI & WEISER, 1999; KASPARI, 2003). Além disso, a maioria das espécies de formigas está associada ao solo e à serrapilheira (WALL & MOORE, 1999; PEREIRA, 2006). Em relação à vegetação, inúmeros trabalhos evidenciam diversas formas de interações entre formigas e plantas, que também funcionam como fonte de recursos para nidificação e alimentação (DELABIE *et al.*, 2003). Entre as diversas famílias de plantas relacionadas com formigas, a família Bromeliaceae merece destaque, já que principalmente por acumular água e nutrientes em sua roseta, as bromélias constituem um microhabitat para inúmeras espécies de animais e plantas. A planta pode ainda oferecer recursos alimentares, por exemplo, através de nectários extra-florais e servir de base para a construção de ninhos (BLUTHGEN *et al.*, 2000, ROSUMEK *et al.*, 2008).

### 4.3 OBJETIVOS

Os objetivos desse trabalho foram: (I) Caracterizar as diferentes fitofisionomias das restingas de acordo com as variáveis ambientais de profundidade de serrapilheira, cobertura do solo por serrapilheira e vegetação, abundância de bromélias e altura da vegetação; (II) Avaliar como essas variáveis ambientais ou conjunto de variáveis, presentes no micro-habitat onde as formigas vivem, podem influenciar a composição e a densidade de espécies de formigas ao longo das diferentes fitofisionomias das restingas.

As variáveis ambientais foram medidas para caracterizar as diferentes fitofisionomias em relação à sua complexidade estrutural, principalmente aquelas importantes para definir as dimensões do micro-habitat onde vivem as formigas. Além de estar diretamente relacionada à estrutura tridimensional do ambiente onde as formigas vivem, a maioria das variáveis mensuradas está ligada a recursos para alimentação e nidificação. Portanto, considerando que as variáveis ambientais estudadas são fatores importantes na existência de diferenças na complexidade estrutural das diferentes fitofisionomias, objetivamos testar a hipótese de que o conjunto das variáveis mensuradas influencia a densidade e a composição da mirmecofauna nesses diferentes habitats. Espera-se também que a densidade de espécies seja maior em locais com maiores valores para profundidade de serrapilheira, porcentagem de cobertura do solo por serrapilheira e vegetação, abundância de bromélias, assim como para a altura da vegetação.

### 4.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os itens referentes à Área de estudo, Metodologia de coleta, Desenho Amostral e Identificação das formigas são os mesmos apresentados no Capítulo 1. A seguir será apresentado como foram realizadas as coleta dos dados referentes às variáveis ambientais, assim como a análise dos dados específicas para esse capítulo.

#### **4.4.1 Desenho amostral para a coleta de dados das variáveis ambientais**

As seguintes variáveis ambientais foram medidas junto a cada

unidade amostral (*pitfall*):

I - Cobertura do solo por serrapilheira - medida com o auxílio de um quadrado feito com canos de PVC, com 50 cm de lado, e dividido em outros 25 quadrados com 10 cm de lado (Figura 4). Foram feitas quatro medidas ao lado de cada *pitfall*, totalizando 1m<sup>2</sup>. A estimativa da porcentagem foi feita através da contagem desses pequenos quadrados que eram totalmente preenchidos por serrapilheira, divididos pelo total. Ao longo do trabalho esta variável é citada como **cobertura de serrapilheira**.

II - Cobertura do solo por vegetação herbácea - medida de forma idêntica à citada no item anterior. Era considerada, nesse caso, a porcentagem de vegetação, avaliada visualmente pelo pesquisador. Ao longo do trabalho a variável é citada como **cobertura de vegetação**.

III - Profundidade de serrapilheira - medida com o auxílio de uma régua milimetrada de 30 cm. Foram feitas quatro medidas junto a cada *pitfall*, sempre no centro de cada um dos quadrados com 50 cm de lado (Figura 4).

IV - Abundância de bromélias – era contado o número absoluto de bromélias terrestres que estavam presentes na área de 1 m<sup>2</sup> delimitada pelo quadrado utilizado para avaliar as variáveis já citadas.

V - Altura da vegetação - foi considerada a altura máxima logo acima de cada *pitfall*, medida com o auxílio de uma vara de madeira com 2 m de comprimento, quando necessário era acrescentada à medida já conhecida da altura do pesquisador. Acima dessa altura era feita uma estimativa.

Para as variáveis que foram tomadas quatro medidas por unidade amostral, consideramos um valor médio desses valores. Na contagem de bromélias terrestres e na estimativa na altura da vegetação foi tomada uma única medida. Esses dados foram sempre coletados pelo mesmo pesquisador a fim de manter uma padronização.

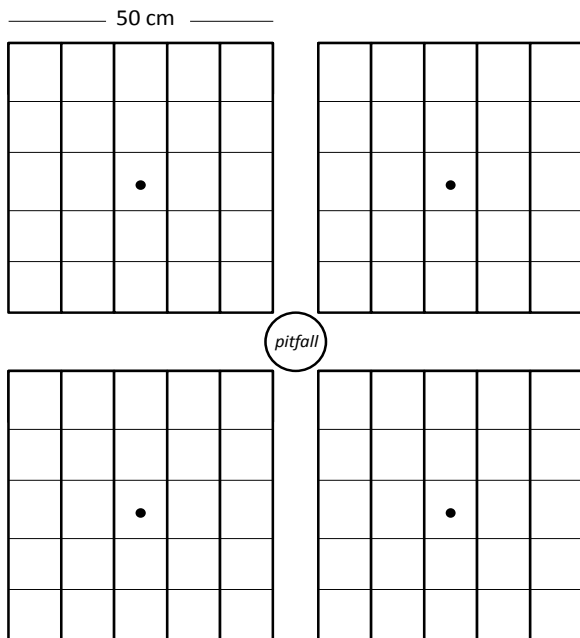


Figura 4 - Esquema do desenho amostral para coleta das variáveis ambientais (profundidade e cobertura de serrapilheira, cobertura de vegetação e número de bromélias) junto a cada unidade amostral (*pitfall*). Os pontos pretos indicam os locais onde foi medida a profundidade de serrapilheira em cada um dos quatro quadrados.

#### 4.4.2 Análise dos dados

Os dados obtidos foram organizados como registros de ocorrência de espécies - ou seja, número de armadilhas em que cada espécie ocorreu - nas diferentes fitofisionomias das restingas estudadas. (LONGINO *et al.*, 2002). Tal procedimento é mais apropriado para estudos ecológicos com a mirmecofauna, já que as medidas de ocorrência de espécies não sofrem os efeitos do tamanho das colônias, nem do comportamento de recrutamento das operárias, o que levaria a superestimar aquelas espécies com sistemas de recrutamento mais eficientes e/ou aquelas cujas colônias



estão mais próximas das armadilhas (TAVARES *et al.*, 2001, GOTELLI *et al.*, 2011).

Uma descrição geral das variáveis é apresentada inicialmente com: os valores máximos e mínimos, médias e desvio padrão. Em um segundo passo, já com o objetivo de explorar padrões e/ou diferenças entre as fitofisionomias, realizamos uma análise da similaridade com dois fatores (ANOSIM *two-way*) (CLARKE & WARWICK, 2001) para avaliar diferenças significativas em relação ao conjunto das variáveis ambientais entre as três fitofisionomias para as diferentes áreas de restinga estudadas. Essa análise resulta em um R estatístico, que é a medida de dissimilaridade entre os fatores comparados. Os valores de R próximos a zero indicam uma dissimilaridade baixa, enquanto que os valores de R mais próximos de um indicam alta dissimilaridade. Cada valor de R tem um valor de probabilidade ( $p$ ) associado (CLARKE & WARWICK, 2001). A distância euclidiana foi utilizada aqui como medida de associação, e foram considerados os dados referentes a cada unidade amostral.

A seguir, foi aplicada a análise não paramétrica Kruskal-Wallis, com a finalidade de verificar diferenças entre as fitofisionomias para cada variável ambiental (CALLEGARI-JACQUES, 2003). Para aquelas variáveis que apresentaram diferença significativa entre as fitofisionomias, foi realizado o teste *a posteriori* de Dunn (CALLEGARI-JACQUES, 2003), para identificar entre quais dos tratamentos os valores eram diferentes. A normalidade dos dados foi testada através do teste de Shapiro-Wilk.

Num próximo passo, realizamos uma análise de correspondência canônica (CCA) com os dados de todos os pontos amostrais nas diferentes áreas de restinga da Ilha. Trata-se de um método de ordenação canônica desenvolvido por TER BRAAK (1986) que relaciona variáveis ambientais com os dados bióticos. Dois gráficos foram apresentados com os resultados dessa análise: em um deles foram plotados apenas os pontos das unidades amostrais e os vetores das variáveis ambientais ordenados nos dois primeiros eixos gerados pela análise; no segundo gráfico plotamos apenas as espécies indicadas pela análise SIMPER (*similarity percentage*), que foi apresentada no capítulo 1, e que representavam 70% da variação responsável pela dissimilaridade entre a mirmecofauna nas diferentes fitofisionomias, com o objetivo de destacar as relações de algumas espécies com as diferentes fitofisionomias e, conseqüentemente, com as diferentes variáveis ambientais mensuradas. Não foi utilizada a riqueza total de espécies porque assim era gerado um gráfico muito “carregado” e de difícil visualização.

Por fim, para avaliarmos uma possível relação positiva das variáveis

ambientais com a densidade de espécies, cada variável ambiental foi correlacionada com a densidade de espécies de formigas (correlação de Spearman). As análises foram realizadas através dos programas PAST 2.06 (HAMMER *et al.*, 2001), PRIMER 6 β® (CLARKE & GORLEY, 2004 e STATISTICA 8.0 (STATSOFT, 2007).

#### 4.5 RESULTADOS

Foi encontrada diferença significativa para o conjunto das variáveis ambientais mensuradas nas diferentes fitofisionomias das restingas estudadas. O resultado é corroborado pela análise de similaridade que indicou uma dissimilaridade média entre o conjunto de suas variáveis ambientais (ANOSIM geral,  $R = 0,565$ ,  $p < 0,001$ ). Comparando as fitofisionomias aos pares, observamos que a maior diferença encontrada ocorre entre as fitofisionomias arbórea e herbácea (Tabela 1).

Tabela 1 - ANOSIM comparando as diferentes fitofisionomias de restinga, em três áreas da Ilha de Santa Catarina, SC, em relação ao conjunto de suas variáveis ambientais

<b>Fitofisionomias</b>	<b>R</b>	<b>p</b>
Arbórea X Arbustiva	0,591	< 0,001
Arbórea X Herbácea	0,820	< 0,001
Arbustiva X Herbácea	0,268	< 0,001

No entanto, de acordo com a mesma análise, as áreas diferiram pouco em relação ao conjunto de variáveis ambientais, sendo essa diferença estatisticamente significativa (ANOSIM geral,  $R = 0,049$ ,  $p < 0,001$ ). Da mesma forma, as comparações pareadas entre as áreas também apresentaram diferenças significativas e valores baixos de  $R$  (Tabela 2).

Tabela 2 - ANOSIM comparando as diferentes áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, SC, em relação ao conjunto de suas variáveis ambientais

<b>áreas</b>	<b>R</b>	<b>p</b>
Lagoa Pequena X Moçambique	0,054	< 0,001
Lagoa Pequena X Pântano do Sul	0,061	< 0,001
Moçambique X Pântano do Sul	0,029	< 0,001

Os valores mensurados para cada variável ambiental variaram bastante entre as diferentes fitofisionomias da restinga, sendo que as fitofisionomias arbóreas apresentaram maiores valores médios para cobertura e profundidade de serrapilheira, abundância de bromélias e altura da vegetação. As fitofisionomias arbustivas e herbáceas apresentaram os maiores valores médios para a cobertura de vegetação (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores mínimo e máximo, média e desvio padrão para cada uma das variáveis ambientais mensuradas nas diferentes fitofisionomias de restingas em três áreas da Ilha de Santa Catarina, SC.

		<b>Arbórea</b>	<b>Arbustiva</b>	<b>Herbácea</b>
Cobertura de serrapilheira ( 0 a 1)	Mínimo	0,60	0,00	0,00
	Máximo	1,00	1,00	1,00
	Média	0,98	0,55	0,18
	Desvio Padrão	0,06	0,35	0,28
Cobertura de vegetação (0 a 1)	Mínimo	0,00	0,00	0,00
	Máximo	0,88	1,00	1,00
	Média	0,25	0,54	0,45
	Desvio Padrão	0,21	0,25	0,29
Profundidade de serrapilheira (cm)	Mínimo	1,00	0,00	0,00
	Máximo	10,20	4,80	2,50
	Média	2,87	1,23	0,41
	Desvio Padrão	1,85	0,87	0,50

**Continuação da  
tabela 3**

Bromélias (n°)	Mínimo	0,00	0,00	0,00
	Máximo	16,00	12,00	0,00
	Média	2,93	2,23	0,00
	Desvio Padrão	3,93	3,09	0,00
Altura da vegetação (m)	Mínimo	4,00	0,30	0,00
	Máximo	11,00	3,50	1,70
	Média	6,83	1,45	0,57
	Desvio Padrão	1,17	0,70	0,43

A análise Kruskal-Wallis demonstrou existir diferença significativa ( $p < 0,05$ ), entre as fitofisionomias, para todas as variáveis ambientais amostradas (Tabela 4). Apenas em relação à abundância de bromélias não houve diferença significativa entre as fitofisionomias arbórea e arbustiva (ver testes de Dunn, Tabela 4).

Tabela 4 - Análise Kruskal-Wallis, seguida por teste de Dunn a posteriori, para cada uma das variáveis ambientais mensuradas nas diferentes fitofisionomias de restingas em três áreas da Ilha de Santa Catarina, SC. (ns = não significativo,  $p > 0,05$ ).

variável ambiental	Kruskal- Wallis		teste de Dunn (p)		
	H	p	ARB X	ARB X	ARBT X
			ARBT	HERB	HERB
Cobertura serrapilheira	214,39	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cobertura vegetação	67,04	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Profundidade serrapilheira	208,34	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Abundância de Bromélias	89,47	0,05	ns	< 0,05	< 0,05
Altura da Vegetação	280,38	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

É possível observar um gradiente entre as três fitofisionomias, com a fitofisionomia arbustiva apresentando valores intermediários, que é reflexo tanto da composição das espécies de formigas, como do conjunto

de variáveis ambientais mensuradas. A análise de correspondência canônica (CCA) apresentou um acúmulo de 78% da variação explicada para os dois primeiros eixos formados (Tabela 5). Os pontos referentes à fitofisionomia arbórea tiveram valores predominantemente positivos no eixo 1, que está mais relacionado com as variáveis de profundidade e cobertura de serrapilheira, altura da vegetação e abundância de bromélias (Figura 5). Os pontos relacionados à fitofisionomia herbácea apresentam valores negativos no eixo 1, enquanto que os da fitofisionomia arbustiva têm posições intermediárias.

O eixo 2 da análise de correspondência canônica está mais relacionado com a variável de cobertura de vegetação. Os pontos amostrais da fitofisionomia arbustiva é que apresentam maiores valores ao longo desse eixo (Figura 5).

Tabela 5 - Resultados da Análise de Correspondência Canônica para a mirmecofauna em restingas da Ilha de Santa Catarina, SC.

<b>Variável ambiental</b>	<b>EIXO 1</b>	<b>EIXO 2</b>
Cobertura de serrapilheira (%)	0,677	0,150
Cobertura de vegetação (%)	-0,229	0,349
Profundidade de serrapilheira (cm)	0,487	0,053
Abundância de bromélias (nº)	0,280	0,064
Altura da vegetação (m)	0,694	-0,084
<b>Resumo estatístico dos eixos 1 e 2</b>		
Autovalores	0,548	0,167
Varição explicada acumulada	59,9 %	78,0 %

Espécies como *Acromyrmex striatus* e *Dorymyrmex* sp.01 estão claramente associadas à fitofisionomia herbácea e a áreas mais expostas, com valores baixos para as variáveis medidas (Figuras 5 e 6). Por outro lado, espécies como *Pachycondyla striata* e *Nylanderia* sp.01 parecem estar ligadas à fitofisionomia arbórea e relacionadas com as variáveis de profundidade e cobertura de serrapilheira (Figuras 5 e 6). *Solenopsis* sp.02, que foi comum em todas as fitofisionomias aparece com uma posição intermediária na ordenação da CCA, mas parece estar mais relacionada

às variáveis ligadas ao eixo 1 (Figuras 5 e 6).

Não foram encontradas correlações fortes entre nenhuma das variáveis ambientais e a densidade de espécies de formigas. Apenas as variáveis de cobertura de serrapilheira, profundidade de serrapilheira e altura da vegetação apresentaram correlações positivas consideradas significativas (Tabela 6). As variáveis de cobertura de vegetação e abundância de bromélias não apresentaram correlações significativas com a densidade de espécies.

Tabela 6 – Resultados das correlações entre a densidade de espécies de formigas e cada uma das variáveis ambientais, Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

<b>Variável ambiental</b>	<b>Correlação linear</b>	
	<b><i>r</i></b>	<b><i>p</i></b>
Cobertura de serrapilheira	0,276	p<0,05
Cobertura de vegetação	0,056	p>0,05
Profundidade de serrapilheira	0,263	p<0,05
Abundância de bromélias	0,080	p>0,05
Altura da vegetação	0,214	p<0,05

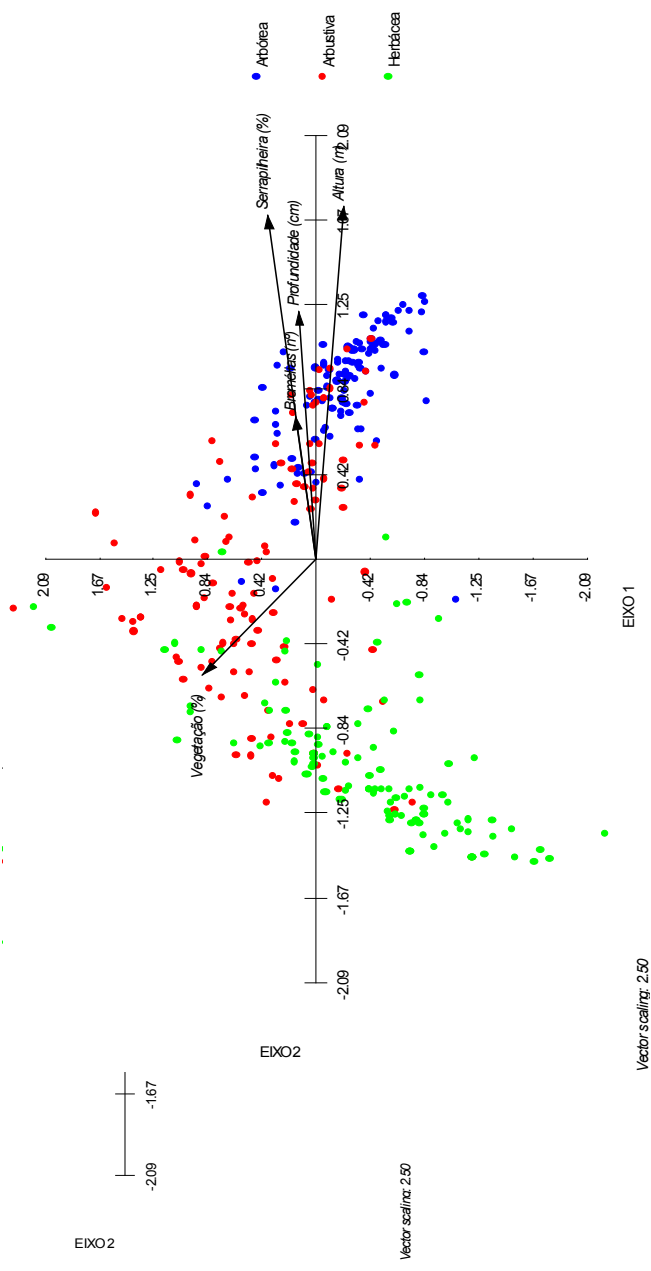
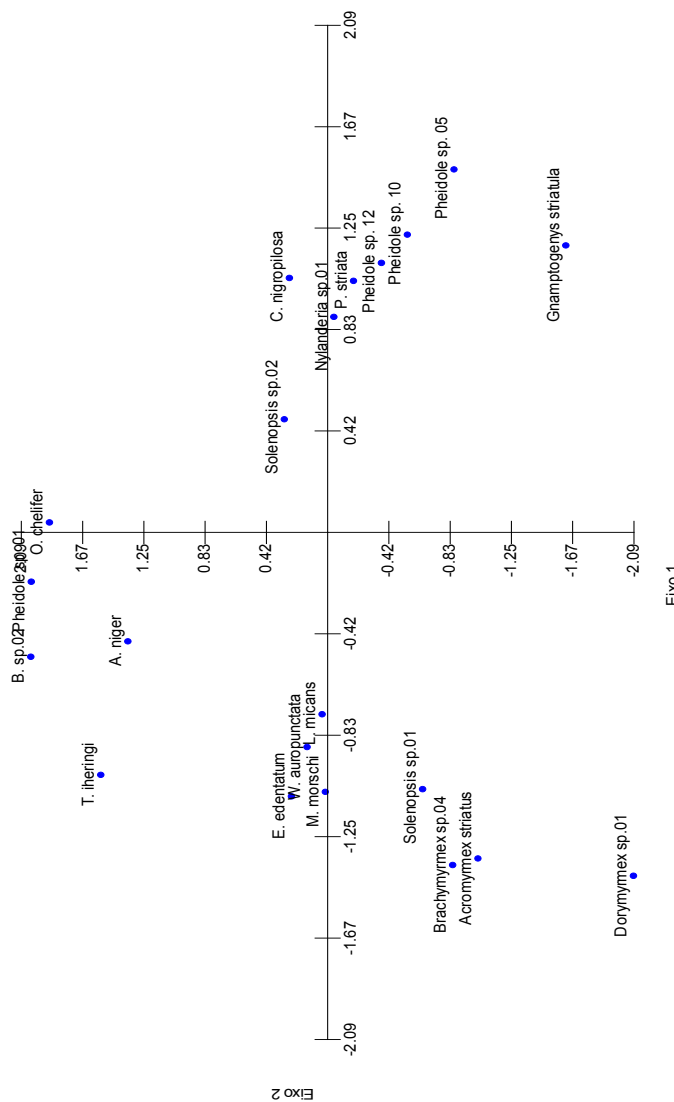


Figura 5 - Análise de correspondência canônica (CCA) relacionando as variáveis ambientais mensuradas com a mirmecofauna das diferentes fitofisionomias em três áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, SC. Foram representados os vetores das variáveis ambientais e os pontos amostrais (Herbácea: verde, Arbustiva: vermelho, Arbórea: azul) ordenados ao longo dos dois primeiros eixos formados pela CCA.



Eixo 1

Eixo 2

Figura 6 - Análise de correspondência canônica (CCA) relacionando as variáveis ambientais mensuradas com a mirmecofauna das diferentes fitofisionomias em três áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina, SC. Foram representados pontos referentes às 21 espécies que melhor representam a dissimilaridade entre as fitofisionomias, segundo a análise SIMPER, ordenadas ao longo dos dois primeiros eixos formados pela CCA.



## 4.6 DISCUSSÃO

Comparando as variáveis ambientais mensuradas, fica clara a existência de uma diferença de complexidade estrutural entre as fitofisionomias, o que reflete tanto em diferenças na estrutura tridimensional do micro-habitat, como na disponibilidade de recursos de alimentação e nidificação para mirmecofauna local. Mais do que isso, é possível observar um gradiente de complexidade estrutural detectado nas análises, aumentando da restinga herbácea, arbustiva e, finalmente, fitofisionomia arbórea, onde encontramos maiores valores médios para cobertura e profundidade de serrapilheira, abundância de bromélias terrestres e altura da vegetação. Esses dados corroboram o que FALKENBERG (1999) havia observado para algumas diferenças visuais entre as fitofisionomias. No entanto, não encontramos correlações positivas fortes entre nenhuma das variáveis mensuradas e a densidade de espécies de formigas.

A hipótese de que o conjunto de variáveis ambientais influencia na composição de espécies de formigas foi corroborada. Avaliando a análise de correspondência canônica se observa que a composição de espécies acompanhou o gradiente estrutural, com agrupamentos dos pontos referentes às diferentes fitofisionomias variando principalmente ao longo do eixo 1, que acumulou grande parte da variância dos dados (59,9%) e teve contribuição principalmente de variáveis que estão relacionadas direta ou indiretamente ao aporte de serrapilheira. Logo, entendemos que esse eixo pode representar um índice de **presença e/ou volume de serrapilheira**, indicando ainda que essa medida possa ser uma característica importante para diferenciar estruturalmente as fitofisionomias, principalmente em relação ao micro-habitat onde vivem as formigas epigéicas. O volume pode variar, no entanto a serrapilheira está presente em todas as fitofisionomias em maior ou menor grau e pode ser considerada uma estrutura chave que determina a distribuição de várias espécies nas restingas (*ver keystone structures*, TEWS *et al.*, 2004). Essas variáveis também foram as únicas a apresentarem correlações positivas significativas, mesmo que fracas, com a densidade de espécies.

Outros autores já tentaram explicar a influência da complexidade do habitat e de alguns descritores do micro-habitat na mirmecofauna (CAMPOS *et al.*, 2003; RIBAS & SCHOEREDER, 2007; MUSCARDI *et al.*, 2008; GOMES *et al.*, 2010). A profundidade de serrapilheira já foi relatada como o fator preponderante que explicou as variações na densidade de espécies e abundância de formigas nas restingas da Marambaia (RJ) e Morro dos Conventos (SC) (VARGAS *et al.*, 2007; CARDOSO,

2009). CARDOSO (2009) também encontrou uma relação positiva com a riqueza de plantas, destacando que isso seria um fator determinante importante na estruturação da mirmecofauna em comunidades de restingas. A serrapilheira, assim como a cobertura de vegetação herbácea, incrementa recursos e modifica o ambiente. Mesmo que alguns trabalhos não encontrem uma relação positiva entre serrapilheira e densidade de espécies (CAMPOS *et al.*, 2003; MUSCARDI *et al.*, 2008), de fato a presença dessas variáveis permitem a existência de diversas espécies naquele local, determinando a distribuição das espécies e a composição da mirmecofauna ao longo das fitofisionomias.

CARDOSO *et al.* (2010) sugerem que o dossel criado pelas espécies arbóreas e arbustivas além de incrementar a serrapilheira, que é perene nesses ambientes, ainda implicam em maior sombreamento e umidade do solo, o que permite o estabelecimento de espécies de formigas crípticas, que vivem em galhos, gravetos, troncos podres e que nidificam e/ou vivem nesses micro-habitats. Na verdade, o que fornece as condições que vão refletir nessas diferenças de micro-habitat encontradas é uma combinação de fatores que determinam a distribuição das diferentes fisionomias vegetais ao longo das restingas, como a distância do mar ou disponibilidade de água (WAECHTER, 1985; FALKENBERG, 1999).

CARDOSO *et al.* (2010) observaram também que a densidade de espécies de formigas aumenta com a distância do mar. Vale lembrar que a restinga do Morro dos Conventos (CARDOSO *et al.*, 2010), assim como a da Marambaia, estudada por VARGAS *et al.* (2007) apresentam uma zonação da vegetação que vai aumentando seu porte no sentido oceano-continente, com a fitofisionomia herbácea mais próxima ao mar e a arbórea mais distante. Já as restingas que encontramos na Ilha de Santa Catarina apresentam um mosaico de fitofisionomias (WAECHTER, 1985; FALKENBERG, 1999). Em uma restinga que apresenta esse gradiente oceano-continente, tanto a complexidade da vegetação (riqueza, tipos vegetais como epífitas, lianas, bromélias terrestres e o porte da vegetação), quanto a complexidade do micro-habitat onde vivem as formigas (aporte de serrapilheira, maior sombreamento, maior umidade do solo, menor temperatura média), também aumentam nesse sentido (VARGAS *et al.*, 2007; CARDOSO *et al.*, 2010), esse pode ser o motivo pelo qual no Morro dos Conventos a densidade de espécies teve relação positiva com a distância do mar. Nas restingas da Ilha que de Santa Catarina a estruturação da mirmecofauna pode acontecer de maneira um pouco diferente. O simples acúmulo de serrapilheira em alguns locais, mesmo que seja sob um subarbusto na restinga herbácea, pode permitir a ocorrência de algumas espécies. Isso fica claro quando observamos que as

frequências de ocorrência (apresentadas no capítulo 1) de várias espécies, entre as mais comuns de todo o trabalho, aumentam gradativamente nas fitofisionomias mais complexas.

Existe claramente um gradiente de complexidade estrutural entre as diferentes fitofisionomias que reflete na composição local da mirmecofauna e isso pode ser verificado em diferentes regiões do Brasil (VARGAS *et al.*, 2007; CERETO *et al.*, 2009; CARDOSO *et al.*, 2010). Esse gradiente pode ser observado tanto do ponto de vista da estrutura da vegetação (FALKENBERG, 1999; CARDOSO *et al.*, 2010) quanto dos descritores da estrutura do micro-habitat onde vivem as formigas epígeas. As análises indicam que a presença e/ou volume de serrapilheira pode ter uma relação positiva com a densidade de espécies e principalmente atuar como uma estrutura chave na determinação da composição da mirmecofauna e da distribuição de algumas espécies ao longo das fitofisionomias.

#### 4.7 REFERÊNCIAS

AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. 2000. **Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington, 280 p.

ALMEIDA, L.M.; RIBEIRO-COSTA, C.S. & MARINONI, L. 2003. **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos**. Holos, Ribeirão Preto. 78p.

ALONSO, L.E. 2000. Ants as Indicators of Diversity. Pp. 122-144. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institute Press, Washington. 280p.

AQUINO, A.M.; AGUIAR-MENEZES, E.L. & QUEIROZ, J.M. 2006. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (“pitfall-traps”). **Circular Técnica, 16. Embrapa**. Rio de Janeiro. 8p.

BESTELMEYER, B.T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L.E.A.; BRANDÃO, C.R.F.; BROWN W.L., Jr.; DELABIE, J.H.C. & SILVESTRE, R. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation. Pp. 122-144. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institute Press, Washington. 280p.

BLUTHGEN, N.; VERHAAGH, M.; GOITÍA, W. 2000. Ant nests in tank bromeliads – An example of non-specific interaction. **Insectes Sociaux**, 47: 313-316.

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

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

BRESOLIN, A. 1979. Flora da restinga da ilha de Santa Catarina. **Insula**, 10: 1-54.

CALLEGARI-JACQUES, S. 2003. **Bioestatística, princípios e aplicações**. Artmed, Porto Alegre. 254p.

CAMPOS, R.B.F.; SCHOEREDER, J.H. & SPERBER, C.F. 2003. Local determinants of species richness in litter ant communities (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, 41: 357-367.

CARDOSO, D.C. 2009. **Determinantes de comunidades de formigas em restinga**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 82p.

CARDOSO, D.C.; SOBRINHO, T.G. & SCHOEREDER. 2010. Ant

community composition and its relationship with phytophysionomies in a Brazilian Restinga. **Insectes Sociaux**, 57 (3): 293-301.

CARUSO, M.M.L. 1990. **O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais**. Editora UFSC, Florianópolis. 158p.

CASTELLANI, T.T.; CAUS, C.A. & VIEIRA, S. 1999. Fenologia de uma comunidade de duna frontal no Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, 13 (1): 99-144.

CERETO, C.E; ULYSSÉA, M.A.; ALBERTONI, F.F.; MARTINS, A.G. & LOPES, B.C. 2009. Mirmecofauna associada a distintas fitofisionomias de restingas na ilha de Santa Catarina, Florianópolis, sul do Brasil. Pp. 1-5. In: **Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia, São Lourenço-MG**.

CLARKE, K.R. & GORLEY, R.N. 2004. **Primer 6 β (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research)**. Version 6βR3. PRIMER-E, Plymouth.

CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 2001. **Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. PRIMER-E, Plymouth.

CORDAZZO, C.V.; PAIVA, J.B. & SEELIGER, U. 2006. **Plantas da Costa Sudoeste Atlântica**. USEB, Pelotas. 107p.

CRAMER, M.J. & WILIG, M.R. 2005. Hábitat heterogeneity, species diversity and null models. **Oikos**, 108: 209-218.

DELABIE, J.H.C.; OSPINA, M. & ZABALA, G. 2003. Relaciones entre hormigas y plantas: una introducción. Pp. 167-180. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto

Humboldt, Bogotá. 424p.

FALKENBERG, D.B. 1999. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, 28: 1-30.

FÉLIX, F.C. & HACKRADT, C.W. 2006. Importância do planejamento amostral em estudos ecológicos: um estudo de caso no litoral do Paraná. **Estud. Biol.**, 28 (65): 69-75.

FRANCO, A.C.; VALERIANO, D.M.; SANTOS, F.M.; HAY, J.D.; HENRIQUES, R.P.B. & MEDEIROS, R.A. 1984. Os microclimas das zonas de vegetação da praia da restinga de Barra de Maricá, Rio de Janeiro. Pp 327-342. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R. & TURCQ, B (Org). **Restingas: Origem, Estruturas, Processos**. CEUFF, Niterói. 475p.

FREITAS, A.V.L.; FRANCINI, R.B. & BROWN Jr., K.S. 2004. Insetos como indicadores ambientais. Pp. 125-151. In: CULLEN Jr., L.; RUDRAN, R. & VALLADARES-PADUA, C. (Org.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Editora UFPR, Curitiba. 665p.

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

GOTELLI, N. J. & ELLISON, A. M. 2002. Assembly rules for New England ant assemblages. **Oikos**, 99: 591–599.

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M.; DUNN, R.R. & SANDERS, N.J. 2011. Counting ants (Hymenoptera: Formicidae): biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists . **Myrmecological News**, 15: 13-19.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T. & RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1): 1-9.

HEFFNER, R.A.; BUTLER, M.J. & REILLY, C.K. 1996. Pseudoreplication Revisited. **Ecology**, 77 (8): 2558-2562.

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

HURLBERT, S.H. 1984. Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments. **Ecological Monographs**, 54 (2): 187-211.

KASPARI, M. 2000. A primer on ant ecology. Pp. 9-24. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington. 280p.

KASPARI, M. 2003. Introducción a la ecología de las hormigas. Pp. 97-112. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

KASPARI, M. & MAJER, J.D. 2000. Using Ants to Monitor Environmental Change. Pp. 89-98. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington. 280p.

KASPARI, M. & WEISER, M.D. 1999. The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants. **Functional Ecology**, 13 (4): 530-538.

KLEIN, R.M. 1978. Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. **Flora Ilustrada catarinense**, parte V: 1-24.

LASSAU, S.A. & HOCHULI, D.F. 2004. Effects of hábitat complexity

on ant assemblages. **Ecography**, 27: 157-164.

LEVIN, S.A. 1992. The Problem of Pattern and Scale in Ecology: The Robert H. MacArthur award lecture. **Ecology**, 73 (6): 1943-1967.

LONGINO, J.T.; CODDINGTON, J. & COLWELL, R.K. 2002. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. **Ecology**, 83 (3): 689-702.

MAUN M.A. 1998. Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. **Canadian Journal of Botany**. 76: 713-738.

MUSCARDI, D.C; ALMEIDA, S.S.P.; SCHOEREDER, J.H.; MARQUES, T.; SARCINELLI, T.S. & CORRÊA, A.S. 2008. Response of litter ants (Hymenoptera: Formicidae) to hábitat heterogeneity and local resource availability in native and exotic forests. **Sociobiology**, 52 (2): 1-11.

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.

PALÁCIO, E.E. & FERNÁNDEZ, F. 2003. Claves para las subfamilias y géneros. Pp. 233-260. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

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

PEREIRA, A. 2006. A vida entre folhas secas. **Pesquisa FAPESP**, 120: 48-51.



RIBAS, C. & SCHOEREDER, J.H. 2007. Ant communities, environmental characteristics and their implications for conservation in the Brazilian Pantanal. **Biodiversity and Conservation**, 16 (5): 1511-1520.

RIBAS, C.R.; SCHOEREDER, J.H.; PIC, M. & SOARES, S.M. 2003. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. **Austral Ecology**, 28 (3): 305–314.

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

ROSUMEK, F.B.; ULYSSÉA, M.A.; LOPES, B.C.; STEINER, J. & ZILLIKENS, A. 2008. Formigas de solo e de bromélias em uma área de Mata Atlântica, Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil: levantamento de espécies e novos registros. **Biotemas**, 21 (4): 81-89.

RUXTON, G.D. & COLEGRAVE, N.C. 2006. **Experimental design for the life sciences**. 2<sup>nd</sup> Ed. Oxford University Press, Oxford. 157p.

SANTOS, I.A; RIBAS, C.R. & SCHOEREDER, J.H. 2008. Biodiversidade de formigas em tipos vegetacionais brasileiros: o efeito das escalas espaciais. Pp. 242-265. In: VILELA, E.F.; SANTOS, I.A; SCHOEREDER, J.H.; SERRÃO, J.E.; CAMPOS, L.A.O & LINO-NETO (Eds.), **Insetos Sociais: da biologia à aplicação**. Editora UFV, Viçosa. 442p.

SILVA, R.J.; DINIZ, S. & VAZ-DE-MELLO, F.Z. 2010. Heterogeneidade do habitat, riqueza e estrutura da assembléia de besouros rola-bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em áreas de Cerrado na Chapada dos Parecis, MT. **Neotropical Entomology**, 39(6): 934-940.

STATSOFT, Inc. 2007. **STATISTICA (data analysis software system)**. version 8.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

TAVARES, A.A.; BISPO, P.C. & ZANZINI A.C.S. 2001. Comunidades de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de *Eucalyptus cloeziana* (F. Muell) e de vegetação nativa numa área de cerrado. **Revista Brasileira de Entomologia** 45: 251–256.

TER BRAAK, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, 67 (5): 1167-1179.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M.C.; SCHWAGER, M. & JELTSCH, F. 2004. Animal species diversity driven by hábitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*. 31:79–92.

VARGAS, A.B.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; QUEIROZ, J.M.; SOUZA, G.O. & RAMOS, E.F. 2007. Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidades de restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, 36 (1): 28-37.

WAECHTER, J.L. 1985. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. **Comunicação do Museu de Ciências da PUCRS, série Botânica**, 33: 49-68.

WALL, D.H. & MOORE, J.C. 1999. Interactions underground. **BioScience**, 49: 109-107.

WENNINGER, E.J. & INOUE, R.S. 2008. Insect community response to plant diversity and productivity in a sagebrush-steppe ecosystem. **Journal of Arid Environments**, 72: 24-33.

## 5 ADENDOS

### 5.1 COMENTÁRIOS SOBRE ALGUMAS ESPÉCIES QUE FORAM CARACTERÍSTICAS DE CADA FITOFISIONOMIA

No capítulo 1, foi apresentado um estudo sobre a composição da mirmecofauna em diferentes fitofisionomias das três áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina. De todas as 101 espécies de formigas coletadas apenas 26 espécies de formigas ocorreram em todas as fitofisionomias. Algumas espécies foram exclusivas de determinada fitofisionomia, mas a maioria das espécies coletadas apresentou frequências de captura diferentes em cada uma delas, por isso a grande dissimilaridade encontrada entre os tratamentos. Uma análise mais detalhada pode fornecer informações importantes sobre a relação de algumas espécies com cada fitofisionomia.

CLARKE & WARWICK (2001) afirmam que as espécies que apresentam grande contribuição, indicada pela SIMPER, na dissimilaridade entre os tratamentos, no caso as diferentes fitofisionomias, podem ser boas **espécies discriminantes**, ou seja, que representam bem as diferenças entre os grupos. Já as espécies que apresentam grande contribuição para a similaridade média dentro de cada um dos tratamentos, podem ser boas **espécies típicas** daquele grupo.

Confirmando a ideia de que as fitofisionomias são fatores determinantes na composição da mirmecofauna e com base na lista das espécies que mais contribuíram para a similaridade dentro de cada fitofisionomia (análise SIMPER, Tabela 6, Capítulo 1), a seguir, discutiremos sobre algumas dessas espécies que foram características de cada uma das fitofisionomias nas restingas estudadas.

#### 5.1.1 Restinga Herbácea

Ao menos uma das sete espécies mais frequentes da fitofisionomia herbácea - *Brachymyrmex* sp.04, *Dorymyrmex* sp.01, *Wasmannia auropunctata*, *Linepithema micans*, *Solenopsis* sp.01, *Mycetophylax morschi* e *Acromyrmex striatus* - foi coletada em quase 100% das armadilhas nessa fitofisionomia e representam as espécies típicas na comunidade de duna frontal. Em vários casos essas espécies foram registradas em conjunto nas mesmas armadilhas.

As espécies do gênero *Brachymyrmex* (Formicinae) são formigas

pequenas com distribuição ampla nas Américas e este também é considerado um dos poucos gêneros de formigas com ampla distribuição altitudinal, pois, conseguem viver acima de 3.000 m. No entanto, ORTIZ & FERNÁNDEZ (2009), que estão trabalhando na revisão taxonômica do gênero, consideram essas formigas aparentemente ausentes em ambientes xéricos. Apesar de geralmente essas formigas serem encontradas associadas à serrapilheira, troncos apodrecidos e embaixo de pedras (FERNÁNDEZ, 2003a; ORTIZ & FERNÁNDEZ, 2009), nas restingas essas formigas nidificam na areia e em regiões abertas, como o ambiente herbáceo de duna frontal. CARDOSO *et al.* (2010) encontraram *Brachymyrmex cordemoyi* como a formiga mais abundante que teve distribuição em todas as fitofisionomias da restinga no Morro dos Conventos, litoral sul de Santa Catarina.

A espécie *Dorymyrmex* sp.01 (Dolichoderinae) foi bastante frequente e apareceu predominantemente na restinga herbácea, pouco na restinga arbustiva e sem registros na fitofisionomia arbórea. Todas as espécies de *Dorymyrmex* constroem ninhos no solo, normalmente em regiões áridas e semi-áridas, preferindo lugares abertos com pouca cobertura de vegetação (CUEZZO, 2003).

*Wasmannia auropunctata* (Myrmicinae) é uma espécie muito comum e encontrada em praticamente todo tipo de ambiente, secos e úmidos, com variação altitudinal, na serrapilheira e em todos os níveis na vegetação (LONGINO & FERNÁNDEZ, 2007). É considerada muito competitiva em áreas abertas, em alguns locais tornou-se invasora por influência antrópica e é considerada praga em diversas regiões do mundo, com sérios problemas para a fauna em ilhas oceânicas (BRETON *et al.*, 2003; LONGINO & FERNÁNDEZ, 2007). No presente trabalho, foi coletada em todas as áreas e fitofisionomias, mas principalmente em áreas abertas, com a terceira maior frequência de captura na restinga herbácea e a mais frequente na fitofisionomia arbustiva. Resta saber se a presença e dominância dessa espécie nesses habitats tiveram um processo histórico natural ou com influência antrópica. VARGAS *et al.* (2007) relataram que *W. auropunctata* parece não ter sido afetada pela complexidade do ambiente, pois foi igualmente encontrada nas três fitofisionomias por eles estudadas.

As formigas do gênero *Linepithema* (Dolichoderinae) geralmente apresentam colônias maduras populosas com mais de mil operárias, com hábito generalista, podem ser detritívoras e predadoras, e com forte tendência a visitar nectários ou explorar insetos produtores de honeydew (WILD, 2007). Essas formigas forrageiam no solo ou em vegetação rasteira, o que condiz com a alta frequência de captura de *Linepithema*

*micans* no ambiente herbáceo.

O gênero *Mycetophylax* (Myrmicinae) é considerado como uma das muitas radiações adaptativas das formigas da tribo Attini (cultivadoras de fungos) em ambientes secos (MAYHÉ-NUNES & JAFFÉ, 1998). *Mycetophylax morschi*, que ocorre em áreas litorâneas desde a Argentina até a cidade de Cabo Frio, RJ (KEMPF, 1964; LOPES, 2007), nidifica e forrageia quase que exclusivamente em áreas de restinga herbácea (LOPES, 2007) e foi uma das espécies mais comuns nessa fitofisionomia. No entanto, também foi encontrada na fitofisionomia arbustiva. LOPES (2007) mostra que essa espécie utiliza tanto recursos de origem vegetal quanto de origem animal (fezes de larvas de lepidópteros ou pedaços de corpos de insetos). As operárias dessas formigas procuram por pedaços de folhas, folíolos, flores secas, pedaços de cascas e sementes caídas e misturadas na areia próxima ao ninho. Outra espécie do mesmo gênero, *Mycetophylax simplex*, apresentou um único registro para a restinga herbácea do Pântano do Sul, no entanto é considerada muito comum em áreas de dunas abertas no Rio Grande do Sul (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005, DIEHL-FLEIG & DIEHL, 2007).

A espécie *Acromyrmex striatus* é uma formiga cortadeira, cultivadora de fungos (Attini, Myrmicinae) com ampla distribuição na região Neotropical e muito comum nas restingas de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (DIEHL *et al.*, 2005; LOPES, 2005). Essa espécie corta matéria vegetal fresca ou carrega material vegetal já caído e LOPES (2005), em seu estudo na restinga da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, verificou que essas formigas se utilizam de partes de 50 espécies de plantas dispostas em 22 famílias botânicas. As principais espécies pertencem a Compositae (ou Asteraceae), Gramineae (ou Poaceae) e Leguminosae, a maioria de hábito herbáceo, como a leguminosa *Stylosanthes viscosa* que foi a espécie mais utilizada por *A. striatus* nos dois anos de amostragem daquele autor. A outra espécie do mesmo gênero, *A. niger*, também foi coletada em todas as fitofisionomias, mas teve sua maior frequência de captura nas restingas arbustivas.

Destacamos ainda o registro de *Myrmelachista gallicola* na fitofisionomia herbácea. *Myrmelachista* (Myrmicinae) é um gênero citado muitas vezes como exclusivamente arbóreo e com fortes associações com plantas em florestas tropicais, vivendo geralmente em cavidades dessas plantas (KUSNEZOV, 1951; FERNÁNDEZ, 2003a). No entanto, os únicos registros da espécie para restingas são em ambientes herbáceos ou arbustivos (CARDOSO, 2009; CERETO *et al.*, 2009b). CERETO *et al.* (2011) verificaram essa espécie nidificando em cavidades de indivíduos mortos e pós-reprodutivos, da herbácea *Actinocephalus polyanthus*,

planta comum em restingas na Ilha de Santa Catarina.

### 5.1.2 Restinga Arbustiva

CARDOSO (2009) relatou, em seu trabalho na região do Morro dos Conventos, que a fitofisionomia arbustiva daquela restinga apresentou poucas espécies exclusivas e compartilhava diversas espécies com as demais fitofisionomias. No presente trabalho, foram registradas 14 espécies exclusivas nessa fitofisionomia, mas as frequências de captura foram sempre muito baixas e não permitem avaliar especificidade. No entanto, também observamos que algumas espécies, dentre as que mais contribuíram para a similaridade dentro desse grupo, como *Wasmannia auropunctata*, *Solenopsis* sp.02 e *Pachycondyla striata*, foram comuns nas outras fitofisionomias.

A fitofisionomia arbustiva é um ambiente bastante heterogêneo e apresentou espécies de formigas associadas à serrapilheira (*Strumigenys eggersi*, *Strumigenys louisianae*), à vegetação (*Myrmelachista nodigera*, *Nesomyrmex* sp.01 e *Pseudomyrmex gracilis*) ou a áreas abertas (*Acromyrmex striatus* e *Pogonomyrmex naegelii*).

*Trachymyrmex iheringi* (Mirmicinae) é uma espécie da tribo Attini que também parece estar relacionada com áreas mais abertas, tendo sido coletada com maiores frequências nas fitofisionomias arbustiva e herbácea, respectivamente. Pouco se sabe sobre a biologia dessas formigas, que são bastante comuns nas restingas brasileiras (VARGAS *et al.*, 2007, CERETO *et al.*, 2009a; CARDOSO *et al.*, 2010). A espécie faz ninho subterrâneo com uma pequena abertura na areia (MAYHÉ-NUNES & BRANDÃO, 2005).

*Ectatomma edentatum* (Ectatomminae) é uma espécie relativamente comum e que, em Santa Catarina, já foi coletada em diversos ambientes florestais (LUTINSKI *et al.*, 2008). No entanto, nas restingas foi coletada principalmente na fitofisionomia arbustiva, aparecendo também na restinga herbácea. CARVALHO *et al.* (2004) relataram que essa espécie pode ser muito abundante em áreas abertas e/ou perturbadas. As formigas desse gênero são consideradas predadoras generalistas de diversos artrópodes e anelídeos, podendo também coletar líquidos açucarados provenientes de secreções de alguns hemípteros ou explorar nectários de plantas. Ainda que, de modo geral, o forrageio seja individual, às vezes pode acontecer em grupo (ARIAS-PENNA, 2007).

Dentre as espécies mais comuns nas restingas arbustivas, também merece destaque *Odontomachus chelifer* (Ponerinae), que

apesar de presente em todas as fitofisionomias foi mais frequente nessa fitofisionomia. Essa espécie, predominantemente predadora e amplamente difundida na região Neotropical (BROWN, 1976), tem seu hábito ligado à serrapilheira e foi menos frequente na fitofisionomia arbórea. Segundo FERNÁNDEZ (2007), a espécie forrageia sobre o solo e sua presa mais comum são os cupins. A presa é levada ao ninho onde é compartilhada com outras operárias. No entanto, recentemente RAIMUNDO *et al.* (2009) reportaram uma dieta oportunista para a espécie incluindo uma ampla variedade de itens alimentares. Outros estudos já haviam relatado o uso de frutos caídos (PASSOS & OLIVEIRA, 2004) e de arilos de sementes (PASSOS & OLIVEIRA, 2003). Estudos em áreas de restinga relataram a importância dessa espécie na dispersão secundária de frutos e sementes de *Clusia criuva* (PASSOS & OLIVEIRA, 2002) e de *Guapira opposita* (PASSOS & OLIVEIRA, 2004), plantas muito comuns e que são dispersas primariamente por aves.

*Pogonomyrmex naegeli* (Myrmicinae) foi predominantemente encontrada na região de fitofisionomia arbustiva (ver também CERETO, 2008 e CARDOSO *et al.* 2010). Espécies do gênero *Pogonomyrmex* são mais encontradas em ambiente xéricos, onde apanham sementes para se alimentar, descascam e armazenam em câmaras especiais, desempenhando papel importante como escavadoras e dispersoras de sementes (GORDON, 2002).

Apesar de o gênero *Camponotus* ter sido um dos mais ricos em espécies (12), a maioria delas apresentou frequências de captura bastante baixa em todas as fitofisionomias sendo, no entanto, mais comum em áreas abertas. O gênero apresenta formigas de tamanho variável até mesmo dentro de uma colônia. Em geral, são consideradas onívoras e fazem ninhos no solo, bases ou copa de árvores (FERNÁNDEZ, 2003a). Destacamos *Camponotus fastigatus*, espécie relativamente comum nas fitofisionomias herbácea e arbustiva.

### 5.1.3 Restinga Arbórea

A fitofisionomia arbórea foi a que apresentou o maior número de espécies exclusivas (19), a maioria pouco frequente, como *Cephalotes palidicephallus*, que é arborícola, além de gêneros como *Strumigenys*, *Hypoconera*, *Discothyrea* e *Thyphlomyrmex*, que têm espécies de hábito críptico, associadas à serrapilheira, e que provavelmente foram subamostradas devido à técnica de coleta adotada.

Algumas espécies como *Pachycondyla striata*, *Pheidole* sp.05,

*Pheidole* sp.12, *Solenopsis* sp.02 e *Nylanderia* sp.01, que foram registradas em todas as fitofisionomias, têm frequências de captura substancialmente maiores na restinga arbórea, sendo dominantes nessa fitofisionomia. Além das espécies já citadas, *Crematogaster nigropilosa*, *Wasmannia affinis*, *Strumigenys denticulata* e *Odontomachus chelifer* foram as espécies mais características dessa fitofisionomia.

*Pachycondyla striata* (Ponerinae) sem dúvida é uma das espécies mais importantes na restinga arbórea. Foi coletada em quase dois terços das armadilhas nessa fitofisionomia, foi a espécie que mais contribuiu para a similaridade média dentro das amostras da fitofisionomia arbórea e ainda a espécie que melhor explica a dissimilaridade existente entre as diferentes fitofisionomias, já que esteve presente em todas elas, mas com uma variação bem clara de sua frequência de captura.

MEDEIROS & OLIVEIRA (2009) observaram que essa espécie nidifica no chão, preferencialmente em locais sombreados, com serrapilheira e próximos a árvores ou arbustos. As espécies dessa subfamília são formigas predadoras terrícolas por excelência (FOWLER *et al.*, 1991), caçam individualmente, mas também se aproveitam de fontes ricas em carboidratos, como nectários ou secreções de hemípteros (LATTKE, 2003). As operárias de *P. striata* buscam por alimentos, principalmente a nível epigéico, acima e abaixo da serrapilheira e dificilmente sobem em plantas herbáceas para buscar suas presas (MEDEIROS & OLIVEIRA, 2009).

Vários trabalhos já destacaram a importância dessa espécie nas restingas. PASSOS & OLIVEIRA (2002) relatam que os ninhos de *P. striata* são ricos em nitrogênio e fósforo, e que estes elementos podem beneficiar o desenvolvimento de plântulas que crescem nas proximidades. Outros estudos demonstraram que as operárias de *P. striata* deslocam individualmente as sementes para o interior dos ninhos, onde consomem os arilos das sementes ou os fornecem às larvas (PIZO & OLIVEIRA, 1998), não promovendo danos às sementes (PASSOS & OLIVEIRA, 2002). Segundo PASSOS & OLIVEIRA (2004), *P. striata* e *Odontomachus chelifer*, formigas predominantemente predadoras, são as principais formigas dispersoras de sementes em restingas arbóreas.

Foram registradas 13 morfoespécies do gênero *Pheidole* (Myrmicinae) amplamente distribuídas ao longo das fitofisionomias estudadas. Duas delas foram exclusivas da fitofisionomia herbácea (*Pheidole* sp.08 e *Pheidole* sp.09), mas a maior parte delas ocorreu em todas as fitofisionomias. Na restinga arbórea, espécies como *Pheidole* sp.05 e *Pheidole* sp.12 foram registradas em aproximadamente 50% das armadilhas. Já outras espécies, como *Pheidole* sp.01 e *Pheidole* sp.07,



foram mais comuns na fitofisionomia arbustiva.

*Pheidole* é um dos gêneros de animais com maior número de espécies conhecidas. Quase 1.000 espécies foram descritas e estima-se cerca de 1.500 espécies para todo o mundo (WILSON, 2003). FERNÁNDEZ & SENDOYA (2004) apontam 462 espécies para o Neotrópico e não existe chave de identificação completa para as espécies da região. Essas formigas, presentes em diversos habitats, principalmente nas camadas superficiais do solo, são onívoras generalistas e dominantes em muitos habitats (WILSON, 2003).

Caracteristicamente nos levantamentos neotropicais, o gênero *Pheidole* apresenta maior riqueza de espécies (WARD, 2000), principalmente em coletas que envolvem serrapilheira (SILVA & SILVESTRE, 2004). Foi também o gênero mais rico em vários trabalhos realizados em ambiente de restinga (VARGAS *et al.*, 2007; CERETO *et al.*, 2009a; CARDOSO & CRISTIANO, 2010).

A espécie mais frequente em todo o trabalho, *Solenopsis* sp.02, foi predominantemente coletada em áreas arbóreas. Apesar da grande competitividade de espécies do gênero em áreas abertas, *Solenopsis* (Myrmicinae) apresenta grande plasticidade ecológica e são muito comuns em ambientes florestais, bastante frequentes em coletas de serrapilheira (MAJER *et al.*, 1997; FEITOSA & RIBEIRO, 2005; SCHUTTE *et al.* 2007; SILVA *et al.*, 2007; ROSUMEK *et al.*, 2008) e, em algumas regiões, é dominante na mirmecofauna que habita as camadas superficiais dos solos (SILVA & SILVESTRE, 2004). Algumas espécies são conhecidas como formigas-lava-pés ou como formigas-de-fogo. Muitas espécies são pragas e causam grandes prejuízos econômicos, como *Solenopsis invicta*, uma formiga originária da América do Sul e que representa uma praga importante nos Estados Unidos, competindo com espécies de formigas locais e causando graves acidentes com suas picadas dolorosas (FERNÁNDEZ, 2003b).

As três espécies coletadas do gênero *Wasmannia* (Myrmicinae) ocorreram nas três fitofisionomias. No entanto, observamos uma zonação interessante, já que *Wasmannia affinis* ocorre preferencialmente na restinga arbórea, enquanto *Wasmannia auropunctata*, foi coletada predominantemente em áreas abertas (herbáceas e arbustivas). *Wasmannia lutzii*, espécie muito relacionada com *W. affinis* (LONGINO & FERNÁNDEZ, 2007), foi registrada poucas vezes. Apesar de todas as espécies apresentarem variações morfológicas sutis, é possível que *W. affinis* e *W. lutzii* não sejam tão competitivas em áreas abertas como relatado para *W. auropunctata* (BRETON *et al.*, 2003; LONGINO & FERNÁNDEZ, 2007)

A maioria das espécies de *Crematogaster* (Myrmicinae) é arbórea, sendo que poucas nidificam na serrapilheira. São, em geral, generalistas e onívoras com poucos relatos de predação. Podem apresentar associações com hemípteros e outras formigas (LONGINO, 2003). *Crematogaster nigropilosa* tem ampla distribuição, da Nicarágua à Bolívia e no Brasil. É uma espécie que ocorre numa ampla variedade de habitats e elevações, com coletas desde o nível do mar até mais de 2.600 m (LONGINO, 2003). Essa espécie foi registrada principalmente em restinga arbórea, mas também foi encontrada em restinga arbustiva. Seus ninhos normalmente são feitos em madeira morta ou em concavidades em troncos de árvores (LONGINO, 2003), logo seria improvável encontrá-las na fitofisionomia herbácea.

As cinco espécies do gênero *Strumigenys* (Myrmicinae) foram coletadas predominantemente em áreas de restinga arbórea, e são comuns em vários ecossistemas (SILVA & SILVESTRE, 2004; FEITOSA & RIBEIRO, 2005; SILVA *et al.*, 2007; VARGAS *et al.*, 2007; ROSUMEK *et al.*, 2008, CARDOSO & CRISTIANO, 2010). *Strumigenys denticulata* (Myrmicinae) foi a espécie de formiga mais comum para coletas em várias regiões de Floresta Tropical Atlântica em todo o Brasil, presente em 2/3 das amostras de serrapilheira (SILVA & BRANDÃO, 2010). Essa formiga, que talvez seja o organismo mais comum do bioma Mata Atlântica, também deve ter sido subamostrada no presente trabalho, principalmente nas fitofisionomias arbóreas. A maioria das espécies de *Strumigenys* nidifica no solo ou na serrapilheira. São formigas diminutas, com hábitos crípticos e movimentos lentos e que possuem mandíbulas longas, especializadas em capturar colêmbolos (LATTKE & GOITÍA, 1997). O tamanho e os hábitos crípticos dificultam a coleta com armadilhas *pitfall*.

## 5.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA DE COLETA UTILIZADA

Apesar de existirem protocolos padronizados para coletas de formigas, que indicam, por exemplo, metodologias e esforço amostral adequado (AGOSTI & ALONSO, 2000), em alguns ecossistemas sua utilização pode ser impraticável e a escolha da metodologia pode ser algo difícil. Alguns autores indicam diferentes metodologias como adequadas para determinados habitats estudados (BESTELMEYER, 2000; LEAL, 2003; GOTELLI *et al.*, 2011), o que fornece informações

muito importantes para trabalhos futuros.

Armadilhas de queda amostram formigas de atividade epigéica (acima do solo) e são menos seletivas do que coletas com iscas de sardinha que atraem formigas onívoras e generalistas, ou técnicas de coleta de serrapilheira (OLSON, 1991; KALIF & MOUTINHO, 2000; PARR & CHOWN, 2001). No entanto, formigas que têm suas atividades estreitamente ligadas à vegetação e possuem hábitos crípticos dificilmente são amostradas com essa técnica (BESTELMEYER *et al.*, 2000; SARMIENTO-M., 2003). Por exemplo, a espécie *Discothyrea neotropica* foi relativamente comum tanto em coletas de solo quanto de serrapilheira na região oeste de Santa Catarina (SILVA & SILVESTRE, 2004). As armadilhas aqui utilizadas ainda são inadequadas para amostrar a fauna de formigas hipogéica ou de dossel, micro-habitats que vêm sendo considerados como a próxima fronteira no conhecimento sobre a biodiversidade em florestas tropicais (SILVA & SILVESTRE, 2004; SCHMIDT & SOLAR, 2010) e que nunca foram explorados em restingas.

Ao analisarmos a mirmecofauna coletada no presente estudo, devemos levar em consideração as consequências inerentes à metodologia de coleta aqui adotada. A grande maioria das espécies pouco frequentes, provavelmente foi pouco amostrada devido à metodologia utilizada. Dentre essas espécies, encontramos, por exemplo, formigas típicas de vegetação como as espécies dos gêneros *Cephalotes*, *Myrmelachista* e *Procryptocerus* e formigas que vivem associadas à serrapilheira, como várias espécies nos gêneros *Carebara*, *Hypoponera*, *Strumigenys* e *Thyphlomyrmex*. Esses gêneros são bastante comuns em trabalhos que utilizaram metodologias que abrangem os micro-habitats onde vivem (MAJER & DELABIE, 1999; SILVA & SILVESTRE, 2004; SCHUTTE *et al.*, 2007). Acreditamos que a restinga arbórea seja a fitofisionomia que teve a mirmecofauna subamostrada de forma mais intensa, já que apresenta um acúmulo considerado de serrapilheira em seu sub-bosque e as espécies típicas desse micro-habitat foram subamostradas.

O ideal para levantamentos faunísticos é a utilização de diferentes metodologias de coleta para oferecer um esforço representativo, imparcial, e que abranja diversos micro-habitats, permitindo assim resultados mais representativos para a fauna de formigas encontrada (BESTELMEYER *et al.*, 2000). Porém, em alguns estudos ecológicos muitas vezes fica difícil diversificar as metodologias de coleta e até mesmo a escolha da metodologia ideal pode ser de difícil escolha (GOTELLI *et al.*, 2011).

KALIF & MOUTINHO (2000), comparando diferentes técnicas de coleta em áreas com serrapilheira na região Amazônica, recomendam o extrator de Winkler como sendo o método mais prático e eficiente. No

entanto, no trabalho de PARR & CHOWN (2001), em ambiente de savana africana, os autores consideraram as armadilhas *pitfall* como sendo mais eficientes para a amostragem de formigas epigéicas, contribuindo com uma maior riqueza de espécies do que coletas com extrator de Winkler. Trabalhos realizados em Floresta Tropical Atlântica e que utilizaram armadilhas *pitfall* (SHUTTE *et al.*, 2007; ROSUMEK *et al.*, 2008), encontraram um total de espécies menor do que em áreas de restinga que tiveram esforço amostral semelhante (VARGAS *et al.*, 2007; CERETO *et al.*, 2009a). Essa diferença só pode estar associada ao tipo de armadilha utilizada. Em áreas de restinga, assim como nas savanas, encontramos muitas regiões abertas e até mesmo sem vegetação e, nesse caso, as armadilhas *pitfall* parecem amostrar bem as formigas que forrageiam livremente acima do solo. KASPARI & WEISER (1999) sugerem que em áreas estruturalmente menos complexas, a movimentação das formigas seria mais eficiente. Na Floresta Atlântica e, de modo geral, em áreas florestais, muitas formigas nidificam e forrageiam na serrapilheira, boa parte delas têm hábitos crípticos e são mais bem amostradas com técnicas de coleta de serrapilheira, como por exemplo, funil de Berlese e extrator de Winkler (BESTELMEYER *et al.*, 2000).

CERETO (2008) sugeriu que no ambiente de restinga, onde encontramos diferentes fitofisionomias, as armadilhas *pitfall* sejam mais eficientes para comparar os diferentes habitats, já que, por exemplo, na região de dunas praticamente não encontramos serrapilheira acumulada no solo. LEAL (2003) também apontou a inviabilidade de coletas de serrapilheira em ambientes de caatinga, devido à ausência de folhigo quase constante ao longo do ano. GOTELLI *et al.* (2011) recomendam o uso de coletas manuais e citam inúmeras vantagens em relação aos *pitfalls*, principalmente em áreas mais abertas. No entanto, essa metodologia seria de difícil aplicação em diversas áreas de restingas, que podem apresentar a vegetação muito adensada, e com bastante presença de serrapilheira cobrindo o solo.

Outro ponto a ser discutido é o tempo que os *pitfalls* ficaram disponíveis no campo. Protocolos padronizados e específicos para coleta de formigas indicam o tempo de 48 horas, como foi utilizado nesse trabalho (AGOSTI & ALONSO, 2000; BESTELMEYER *et al.*, 2000). BORGELT & NEW (2006) avaliando o tempo ideal para coletas de formigas com armadilhas *pitfall* mantidas até 14 dias no campo, observaram que boa parte das espécies realmente é coletada após 48 horas de amostragem, enquanto que todas as espécies foram coletadas com até sete dias de amostragem, e não houve diferença entre sete e 14 dias com as armadilhas montadas. Os períodos mais curtos podem ser adequados

para fornecer amostras representativas da fauna local mais comum, com dados suficientes para avaliações e comparações ecológicas. No entanto, uma amostra mais extensiva é necessária a fim de aumentar o registro de espécies raras (BORGELT & NEW, 2006), principalmente nos ambientes onde armadilhas de queda (*pitfall*) forem apropriadas, como nas restingas.

A dependência desse tempo de exposição, inerente à utilização de armadilhas de queda, pode ser uma desvantagem. No presente trabalho, em duas oportunidades, as amostras foram descartadas devido a fortes chuvas que ocorreram após a montagem dos *pitfalls* no campo. Nem mesmo algumas coberturas para os *pitfalls*, sugeridas em alguns trabalhos (AQUINO *et al.*, 2006) seriam eficientes, já que nessas situações muitas armadilhas são soterradas por areia (observação pessoal).

Utilizar armadilhas *pitfall* em ambientes de restinga parece ser adequado para o propósito de comparar as diferentes fitofisionomias, mas traz claras deficiências, inerentes ao método, que subamostram vários micro-habitats que não foram explorados por nenhum outro trabalho existente para as restingas brasileiras. Assim, recomendamos a diversificação de metodologias como uma prioridade para trabalhos futuros, para que tenhamos uma listagem mais completa da mirmecofauna nesses ecossistemas.

### 5.3 REFERÊNCIAS

AGOSTI, D. & ALONSO, L.E. 2000. The ALL protocol. Pp. 204-203. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institute Press, Washington. 280p.

ALBUQUERQUE, E.Z.; DIEHL FLEIG, E. & DIEHL, E. 2005. Density and distribution of nests of *Mycetophylax simplex* (Emery) (Hymenoptera, Formicidae) in areas with mobile dunes on the northern coast of Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 49(1): 123-126.

AQUINO, A.M.; AGUIAR-MENEZES, E.L. & QUEIROZ, J.M. 2006. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (“pitfall-traps”). **Circular Técnica**, 16. **Embrapa**. Rio de Janeiro. 8p.

ARIAS-PENNA, T. M. 2007. Subfamilia Ectatomminae. Pp. 53-107. In: JÍMENEZ, E.; FERNÁNDEZ, F. ARIAS-PENNA, T.M. & LOZANO-ZAMBRANO, F.H. (Org.), **Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia**. Instituto Humboldt, Bogotá. 622p.

BESTELMEYER, B.T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L.E.A.; BRANDÃO, C.R.F.; BROWN W.L., Jr.; DELABIE, J.H.C. & SILVESTRE, R. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation. Pp. 122-144. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institute Press, Washington. 280p.

BORGELT, A. & NEW, T.R. 2006. Pitfall trapping for ants (Hymenoptera, Formicidae) in mesic Australia: what is the best trapping period? **Journal of Insect Conservation**, 10: 75–77.

BRETON, J.L.; CHAZEAU, J. & JOURDAN. 2003. Immediate impacts of invasion by *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) on native litter ant fauna in a New Caledonian rainforest. **Austral Ecology**, 28: 204–209.

BROWN, W. L., Jr. 1976. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. Part VI. Ponerinae, tribe Ponerini, subtribe Odontomachiti. Section A. Introduction, subtribal characters. Genus *Odontomachus*. **Studia Entomologica**, 19: 67-171.

CARDOSO, D.C. 2009. **Determinantes de comunidades de formigas em restinga**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 82p.

CARDOSO, D.C. & CRISTIANO, M.P. 2010. Myrmecofauna of the

southern catarinense restinga sandy coastal plain: new records of species occurrence for the state of Santa Catarina and Brazil. **Sociobiology**, 55 (1b): 229-239.

CARDOSO, D.C.; SOBRINHO, T.G. & SCHOEREDER. 2010. Ant community composition and its relationship with phytophysiognomies in a Brazilian Restinga. **Insectes Sociaux**, 57 (3): 293-301.

CARVALHO, K.S; SOUZA, A.L.B; PEREIRA, M.S.; SAMPAIO, C.P. & DELABIE. 2004. Comunidade de formigas epígeas no ecótono mata de cipó, domínio da Mata Atlântica, BA, Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, 26 (2): 249-257.

CERETO, C.E. 2008. **Formigas em restinga na região da Lagoa Pequena, Florianópolis, SC: levantamento taxonômico e aspectos ecológicos**. Trabalho de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 95p.

CERETO, C.E; ULYSSÉA, M.A.; ALBERTONI, F.F.; MARTINS, A.G. & LOPES, B.C. 2009a. Mirmecofauna associada a distintas fitofisionomias de restingas na ilha de Santa Catarina, Florianópolis, sul do Brasil. Pp. 1-5. In: **Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia, São Lourenço-MG**.

CERETO, C.E.; ROSUMEK, F.B.; LOPES, B.C.; SCHMIDT, G.; VOLTOLINI, C.H.; BEDUSCHI, T.; CASTELLANI, T.T.; HERNÁNDEZ, M.I.M. & SCHERER, K.Z. 2009b. Formigas em comunidade de duna frontal, praia do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina: riqueza, sazonalidade e relação com a vegetação. In: **Anais do XIX Simpósio de Mirmecologia**, Outro Preto.

CERETO, C.E; SCHMIDT, G.O.; MARTINS, A.G; CASTELLANI, T.T. & LOPES, B.C. 2011. Nesting of ants (Hymenoptera, Formicidae) in dead post-reproductive plants of *Actinocephalus polyanthus* (Eriocaulaceae), a herb of coastal dunes in southern Brazil. **Insectes Sociaux**, published online in 29 April, 2011.

CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 2001. **Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. PRIMER-E, Plymouth.

CUEZZO, F. 2003. Subfamilia Dolichoderinae. Pp. 291-297. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

DIEHL, E.; SACCHETT, F. & ALBUQUERQUE, E.Z. 2005. Riqueza de formigas de solo na praia da Pedreira, Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 49 (4): 552-556.

DIEHL-FLEIG, E. & DIEHL, E. 2007. Nest architecture and colony size of the fungus-growing ant *Mycetophylax simplex* Emery, 1888 (Formicidae, Attini). **Insectes Sociaux**, 54(1):1-6.

FEITOSA, R.S.M & RIBEIRO, A.S. 2005. Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) de serapilheira de uma área de Floresta Atlântica no Parque Estadual da Cantareira - São Paulo, Brasil. **Biotemas**, 18 (2): 51- 71.

FERNÁNDEZ, F. 2003a. Subfamilia Formicinae. Pp. 299-306. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

FERNÁNDEZ, F. 2003b. Subfamilia Myrmicinae. Pp. 307-330. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

FERNÁNDEZ, F. 2007. Subfamilia Ponerinae. Pp. 123-218. In: JÍMENEZ, E.; FERNÁNDEZ, F. ARIAS-PENNA, T.M. & LOZANO-ZAMBRANO, F.H. (Org.), **Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia**. Instituto Humboldt, Bogotá. 622p.



FERNÁNDEZ, F. & SENDOYA, S. 2004. List of Neotropical ants (Hymenoptera: Formicidae). **Biota Colombiana**, 5 (1): 3-93.

FOWLER, H.G., FORTI, L.C.; BRANDÃO, C.R.F.; DELABIE, J.H.C. & VASCONCELOS, H.L. 1991. Ecologia nutricional de formigas. Pp.131-223. In: PANIZZI, A.R. & PARRA, J.R.P. (Org.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. Manole Editora Ltda, São Paulo. 359p.

GORDON, D. 2002. **Formigas em ação: como se organiza uma sociedade de insetos**. Jorge Zahar, Rio de Janeiro. 144p.

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M.; DUNN, R.R. & SANDERS, N.J. 2011. Counting ants (Hymenoptera: Formicidae): biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists. **Myrmecological News**, 15: 13-19.

KALIF, K.A.B. & MOUTINHO, P. 2000. Comparison of three ant-sampling methods in a tropical forest in eastern Amazonia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoológica**, 16 (1): 75-81.

KASPARI, M. & WEISER, M.D. 1999. The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants. **Functional Ecology**, 13 (4): 530-538.

KEMPF, W.W. 1964. A revision of the Neotropical fungus-growing ants of the genus *Cyphomyrmex* Mayr. Part I. Group of *strigatus* Mayr (Hymenoptera, Formicidae). **Studia Entomologica**, 7: 1-44.

KUSNEZOV, N. 1951. *Myrmelachista* en la Patagonia (Hymenoptera, Formicidae). **Acta Zoologica Lilloana**, 11: 353-365.

LATTKE, J.E. 2003. Subfamilia Ponerinae. Pp. 261-276. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región**

**Neotropical.** Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

LATTKE, J.E. & GOITÍA, W. 1997. El género *Strumigenys* (Hymenoptera: Formicidae) en Venezuela. **Caldasia** 19: 367-396.

LEAL, I.R. 2003. Diversidade de formigas. Pp. 435-462. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M. & SILVA, J.M.C. (Eds.), **Ecologia e conservação da caatinga**. Ed. Universitária da UFPE. 822p.

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

LONGINO, J.T. & FERNÁNDEZ, F. 2007. Taxonomic review of the genus *Wasmannia*. Pp. 271-289. In: SNELLING, R.R.; FISHER, B.L. & WARD, P.S. (Org.), **Advances in ant systematics (Hymenoptera: Formicidae): homage to E. O. Wilson – 50 years of contributions**. Memoirs of the American Entomological Institute, v. 80. 690p.

LOPES, B.C. 2003. Diversidade de formigas em ecossistemas litorâneos: restingas e manguezais. Pp. 31-39. In: **Anais do XVI Simpósio de Mirmecologia**, Editora da UFSC, Florianópolis. 536 p.

LOPES, B.C. 2005. Recursos vegetais usados por *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera, Formicidae) em restinga da Praia da Joaquina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 22 (2): 372-382.

LOPES, B.C. 2007. Ecologia do forrageio por *Cyphomyrmex morschii* Emery (Hymenoptera, Formicidae) em vegetação de restinga no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 24 (1): 52-56.

LUTINSKI, J.A.; GARCIA, F.R.M.; LUTINSKI, C.J. & IOP, S. 2008. Diversidade de formigas na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina,

Brasil. **Ciência Rural**, 38 (7): 1810-1816.

MAJER, J.D. & DELABIE, J.H.C. 1999. Impact of tree isolation on arboreal and ground ant communities in cleared pasture in the Atlantic rain forest region of Bahia, Brazil. **Insectes Sociaux**, 46: 281–290.

MAJER, J.D.; DELABIE, J.H.C. & McKENZIE, N.L.. 1997. Ant litter fauna of forest, forest edges and adjacent grassland in the Atlantic rain forest region of Bahia, Brazil. **Insectes Sociaux**, 44: 255-266.

MAYHÉ-NUNES, A.J. & BRANDÃO, C.R.F. 2005. Revisionary studies on the attine ant genus *Trachymyrmex* Forel. Part 2: The *iheringi* group (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, 45 (2): 271-305.

MAYHÉ-NUNES, A.J. & JAFFÉ, K. 1998. On the biogeography of Attini (Hymenoptera: Formicidae). **Ecotropicos**, 11 (1): 45-54.

MEDEIROS, F.N.S & OLIVEIRA, P.S. 2009. Season-dependent foraging patterns: case study of a neotropical forest-dwelling ant (*Pachycondyla striata*; Ponerinae). Pp. 81-95. In: JARAU, S. & HRNCIR, M. (Eds.). **Food exploitation by social insects: ecological, behavioral, and theoretical approaches**. Taylor & Francis group, Boca Raton. 360p.

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.

ORTIZ, C.M & FERNÁNDEZ, F. 2009. Proposta para a revisão taxonômica do gênero *Brachymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). Pp. 1-5. In: **Anais do XIX Simpósio de Mirmecologia**, Ouro Preto.

PARR, C.L. & CHOWN, S.L. 2001. Inventory and bioindicator sampling: testing pitfall and Winkler methods with ants in a South African savanna.

**Journal of Insect Conservation**, 5: 27-36.

PASSOS, L. & OLIVEIRA, P.S. 2002. Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree. **Journal of Ecology**, 90: 517–528.

PASSOS, L. & OLIVEIRA, P.S. 2003. Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, 19: 261-270.

PASSOS, L. & OLIVEIRA, P.S. 2004. Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. **Oecologia**, 139: 376-382.

PIZO, M.A. & OLIVEIRA, P.S. 1998. Interaction between ants and seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree, *Cabrlea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic forest of Southeast Brazil. **American Journal of Botany**, 85: 669-674.

RAIMUNDO, R.L.G.; FREITAS, A.V.L. & OLIVEIRA, P.S. 2009. Seasonal patterns in activity rhythm and foraging ecology in the neotropical forest-dwelling ant, *Odontomachus chelifer* (Formicidae: Ponerinae). **Annals of the Entomological Society of America**, 102 (6): 1151- 1157.

ROSUMEK, F.B.; ULYSSÉA, M.A.; LOPES, B.C.; STEINER, J. & ZILLIKENS, A. 2008. Formigas de solo e de bromélias em uma área de Mata Atlântica, Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil: levantamento de espécies e novos registros. **Biotemas**, 21 (4): 81-89.

SARMIENTO-M, C.E. 2003. Metodologías de captura y estudio de las hormigas. Pp. 201-210. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá. 424p.

SCHMIDT, F.A. & SOLAR, R.R.C. 2010. Hypogaeic pitfall traps: methodological advances and remarks to improve the sampling of a hidden ant fauna. **Insectes Sociaux**, 57: 261-266.

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

SILVA, R.R. & BRANDÃO, C.R.F. 2010. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. **Ecological Monographs**, 80 (1): 107-124.

SILVA, R.R.; FEITOSA, R. S.M. & EBERHARDT, F. 2007. Reduced ant diversity along a hábitat regeneration gradient in the southern Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, 240: 61-69.

SILVA, R.R. & SILVESTRE, R. 2004. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**, 44 (1): 1-11.

VARGAS, A.B.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; QUEIROZ, J.M.; SOUZA, G.O. & RAMOS, E.F. 2007. Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidades de restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, 36 (1): 28-37.

WARD, P.S. 2000. Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities. Pp. 99-120. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. (Org.), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institute Press, Washington. 280p.

WILD, A.L. 2007. Taxonomic revision of the ant genus *Linepithema* (Hymenoptera: Formicidae). **University of California Publications in Entomology**, 126: 1-159.