

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais – PPGBTRN  
Divisão do Curso de Pós-Graduação de Entomologia – DCEN

AVALIAÇÃO DO ESFORÇO AMOSTRAL, CAPTURA DE PADRÕES ECOLÓGICOS E UTILIZAÇÃO DE  
TAXA SUBSTITUTOS EM FORMIGAS (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) DE SERRAPILHEIRA COM  
TRÊS MÉTODOS DE COLETA NA FLORESTA AMAZÔNICA, BRASIL.

Jorge Luiz Pereira de Souza

Manaus – Amazonas

2009

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais – PPGBTRN  
Divisão do Curso de Pós-Graduação de Entomologia – DCEN

AVALIAÇÃO DO ESFORÇO AMOSTRAL, CAPTURA DE PADRÕES ECOLÓGICOS E UTILIZAÇÃO DE  
TAXA SUBSTITUTOS EM FORMIGAS (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) DE SERRAPILHEIRA COM  
TRÊS MÉTODOS DE COLETA NA FLORESTA AMAZÔNICA, BRASIL.

Msc. Jorge Luiz Pereira de Souza

Orientadora: Dra Elizabeth Franklin Chilson (INPA)

Co-Orientador: Dr. Willian Ernest Magnusson (INPA)

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas, área de concentração em Entomologia.

Manaus – Amazonas

2009

**Souza, Jorge Luiz Pereira**

Avaliação do esforço amostral, captura de padrões ecológicos e utilização de taxa substitutos em formigas (Hymenoptera, Formicidae) de serrapilheira com três métodos de coleta na Floresta Amazônica, Brasil / Jorge Luiz Pereira de Souza – 2009.

Xv, XXp : Il

Tese (Doutorado) – INPA/UFAM, 2009.

1. Comunidade de formigas
2. Ecologia
3. Métodos de amostragem
4. Suficiência taxonômica
5. Variáveis preditoras.

**Sinopse:**

Na Reserva Florestal Adolpho Ducke (AM), no Parque Nacional do Viruá (RR) e na Estação Ecológica de Maracá (RR) foi avaliada a eficiência e o custo-benefício de três métodos de coleta de formigas (Isca de sardinha, armadilha de queda e extrator de Winkler) e também a possibilidade de usar os gêneros como táxon substituto. Foi investigado a complementaridade dos métodos de coleta e a rarefação das sub-amostras dentro das parcelas. Além da possibilidade de utilizar os gêneros de formigas com substituto das espécies. Foi proposto um novo protocolo da coleta para trabalhos com formigas dentro das grades do Programa PPBio.

Palavras-chave: 1. Comunidade de formigas 2. Ecologia 3. Métodos de amostragem 4. Suficiência taxonômica 5. Variáveis preditoras.

Aos meus pais, Jorge e Lucia, pelo  
apoio incondicional por toda a vida;

À Luiza, por fazer parte da minha  
vida e por inserir mais diversão  
nela.

“Humildade se pratica,  
se falar deixa de ser!”

(Anônimo)

## Agradecimentos

Aos meus pais Jorge e Lúcia, inicialmente por terem me feito, por sempre estarem ao meu lado, dando total apoio, e por me mostrarem que a vida é feita de escolhas e a responsabilidade das escolhas é nossa.

Ao meu irmão Luiz Felipe, por todo apoio e ajuda com as minhas recorrentes dúvidas sobre configurações e programações computacionais. Pelas atualizações do que acontece do outro lado do rio. Por que somos assim mesmo: *“Irmão para Sempre!”*.

A Beth Franklin, minha orientadora que me aturou junto com as formigas por mais 4 anos, além de sempre escutar minhas idéias nem sempre convencionais.

Ao Bill Magnusson, por aceitar ser co-orientador e ajudar enormemente nas análises estatísticas e no aumento substancial de trabalho no campo.

Ao Fabrício Baccaro, por todo apoio a este trabalho desde seu início, trabalhos em parceria, ajuda nas abordagens estatísticas e principalmente as longas conversas sobre as formigas. Além das boas risadas e da promessa continua de um trabalho de campo junto.

A minha quase irmã emprestada Juliana Araújo, que foi e é uma grande companheira de trabalho. Sendo chata na hora de ser chata e muito legal na hora de ser legal. Por toda a ajuda no campo e pelas gargalhadas compartilhadas durante o decorrer desse trabalho.

A Flavia Costa por toda a paciência e as sugestões na fase preliminar deste trabalho.

Ao Vitor Landeiro, por todo o auxílio, inclusive aqueles de última hora, com o programa R para finalizar as análises estatísticas deste trabalho. E por me poupar muitos dias de trabalho com os “scripts” mais eficientes.

A Pollyana, por se aventurar a estudar formigas e por levar essa aventura a sério.

A Camila Gomes, por admirar as formigas e ter vontade de estudá-las. Por toda sua dedicação e ajuda nesse trabalho.

A Nete, a Rayssa e a Estefanie, por toda a ajuda com as triagens iniciais no laboratório e por terem paciência com minhas brincadeiras.

Aos ajudantes de campo Everaldo, Juruna (Ocário), Roger, Caçula e Grafite, sem os quais esse trabalho de campo não teria sido tão divertido. Por todas as piadas e conversas muito produtivas ou não.

As colegas de laboratório, Jamile “sequelete” e Annelyse “maloqueira”, por ser a dupla de lesadas mais lesada de todos os tempos, além de tornarem o convívio no laboratório muito mais divertido.

Ao Thiago Izzo, por todas as sugestões e idéias sobre formigas. Pelos comentários para os manuscritos oriundos deste trabalho.

Ao Eduardo “Anão” Sanhudo, pela ajuda na taxonomia e a grande ajuda em campo.

Ao Rodrigo Feitosa e ao Rogério Silva, pelas ótimas conversas, elucidações de dúvidas e por ministrarem o curso de taxonomia e ecologia de formigas no INPA.

Aos pesquisadores Regina Luizão, Eleusa Barros e Tânia Pimentel, Nando do PPBio que disponibilizaram os dados de granulometria do solo, abertura do dossel que foram utilizados nesse estudo.

Ao Antonio e a Beatriz Lisboa, pela recepção, assessoria e logística no Parque Nacional do Viruá.

Ao Bruno e sua equipe, pela recepção e por toda ajuda na logística na Estação Ecológica de Maracá.

Ao Brian Fisher, por publicar as primeiras fotos das espécies/morfoespécies deste estudo no site [www.antweb.org](http://www.antweb.org).

Ao Carlos “Osama” Moura, por ser um parceiro de trabalho embora meio afastado, por todos seus comentários ácidos ou não sobre este trabalho e os manuscritos oriundos dele. Ainda por ser um porto seguro de nossas viagens até Boa Vista, além de ser casado com a doce Juliana e do Heitor.

Aos meus tios Sérgio, José, Maria e Aparecida por total apoio durante esse processo.

Aos meus primos Rodrigo, Arthur, Leonardo e Diego pelos cada vez mais raros, entretanto muito divertidos momentos de lazer.

Aos meus amigos espalhados em todo Brasil, que volta e meia eu perturbo pedindo ajuda ou abrigo pra participar de eventos científicos espalhados no Território nacional.

Ao Luis Claudio (e a todo o pessoal da república), por ter me acolhido na minha estada em Curitiba durante o congresso de Zoologia, e por ser um ótimo guia turístico, me levando aos pontos turísticos mais legais, inclusive as pistas de skate, fazendo minha viagem ser bem mais divertida.

Ao Dayan Sansone, por mais uma vez ser um ótimo guia na minha passagem por São Paulo durante minha visita ao Museu de Zoologia da USP e Simpósio de Mirmecologia.

Ao Vitor Sagaz, por ser um guia cultural em São Paulo, além da memorável ida à marquise do Ibirapuera num dia típico paulistano, chuvoso e cinza, além de agilizar na última hora uma carona ninja pro aeroporto.

Aos amigos de skate em todo Brasil, por entenderem que mesmo em momentos pra relaxar, eu fico pensando em como refazer aquela análise estatística errada e acabo ficando meio mal humorado!

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho tivesse início, meio e fim, obrigado!

## **Agências Financiadoras**

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que concedeu a bolsa de doutorado, com duração de 48 meses.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), através da Coordenação de Pesquisas em Entomologia, que forneceu apoio logístico, infra-estrutura equipamentos de laboratório e as disciplinas do curso.

Ao Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio), que forneceu apoio logístico e infra-estrutura para a coleta de dados, arcou com as despesas de campo, material de laboratório e serviços de terceiros.

Ao projeto PIPT/FAPEAM “Diversidade da fauna de artrópodes de solo com ênfase em Formicidae, Diplura, Scorpiones, Pseudoscorpionida e Acari Oribatida da Reserva Ducke, Manaus, AM. (Processo nº 1750/08 / T.O.N.: 300/08)”, que forneceu apoio logístico e infra-estrutura para a triagem do material deste trabalho.

## Sumário

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>v</b>
<b>Agências Financiadoras</b> .....	<b>vii</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>xv</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>xvi</b>
<b>Introdução Geral</b> .....	<b>1</b>
<b>Área de Estudo</b> .....	<b>4</b>
<b>Delineamento amostral</b> .....	<b>5</b>
<b>Método de coleta</b> .....	<b>6</b>
<b>Capítulo 1: Eficiência e custo- benefício de três métodos de coleta no inventário de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em três reservas florestais na Amazônia Brasileira</b> .....	<b>7</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>7</b>
<b>Material e Métodos</b> .....	<b>9</b>
Análise de dados .....	9
<b>Resultados</b> .....	<b>11</b>
Comparação das comunidades de formigas entre os três métodos de coleta dentro de cada sítio .....	12
Comparação das comunidades de formigas coletadas com cada método entre as três áreas.....	14
Comparação das comunidades de formigas coletadas entre os métodos e suas combinações.....	15
Custos financeiros e pessoas/horas necessários para processar o material coletado.....	19
<b>Discussão</b> .....	<b>21</b>
<b>Capítulo 2: Eficiência de três métodos de coleta e redução de sub-amostras no inventário de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em três reservas florestais na Amazônia Brasileira</b> .....	<b>24</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>24</b>
<b>Material e Métodos</b> .....	<b>25</b>
Análise de dados .....	25
Redução do esforço em número de sub-amostras por rarefação.....	26
A eficiência dos métodos: comparação das comunidades de formigas coletadas entre os métodos e suas combinações.....	27
Custos financeiros.....	27
<b>Resultados</b> .....	<b>28</b>
Redução do número de sub-amostras por parcela (rarefação) .....	28

A eficiência do(s) método(s): comparação das comunidades de formigas coletadas entre os métodos e suas combinações.....	29
Custos financeiros e pessoas necessárias para amostrar, processar e identificar o material coletado.....	33
<b>Discussão.....</b>	<b>35</b>
<b>Capítulo 3: Eficiência de três métodos de coleta e redução de sub-amostras no inventário de gêneros de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em três reservas florestais na Amazônia Brasileira.....</b>	<b>38</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>38</b>
<b>Material e Métodos .....</b>	<b>40</b>
Análise de dados .....	40
Complementaridade dos métodos .....	40
Redução de esforço (rarefação).....	40
Redução de esforço (número reduzido de métodos de coleta).....	41
Custos financeiros e pessoas necessárias para processar o material coletado.....	42
<b>Resultados.....</b>	<b>42</b>
Comparação das comunidades de formigas entre os três métodos de coleta .....	43
Comparação das comunidades de formigas coletadas com cada método entre as três áreas.....	45
Redução do número de sub-amostras.....	46
Comparação das comunidades de formigas coletadas entre os métodos e suas combinações.....	48
Custos financeiros e pessoas necessárias para processar o material coletado.....	56
<b>Discussão.....</b>	<b>59</b>
<b>Capítulo 4: Fatores ambientais afetando a comunidade de espécies e gêneros de formigas (Hymenoptera, Formicidae): a validação da eficácia do protocolo.....</b>	<b>62</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>62</b>
<b>Material e Métodos .....</b>	<b>64</b>
Análise de dados .....	64
<b>Resultados.....</b>	<b>65</b>
Redução do esforço utilizando a comunidade de espécies obtida com a armadilha pitfall, a isca e o Winkler .....	65
Redução do esforço utilizando a comunidade de espécies obtida com a armadilha pitfall e o Winkler.....	67
Redução do esforço utilizando a comunidade de gêneros obtida com a armadilha pitfall, a isca e o Winkler .....	68
Redução do esforço utilizando a comunidade de gêneros obtida com a armadilha pitfall e o Winkler.....	69
<b>Discussão.....</b>	<b>70</b>

<b>Conclusões Gerais .....</b>	<b>75</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>77</b>
<b>Apêndices .....</b>	<b>86</b>

## Lista de Figuras

Figura 1. A) Grades de 25 km <sup>2</sup> , com parcelas de 250 metros demarcadas em curva de nível, instaladas na Ducke, Maracá e Viruá. B) Demonstração de uma das parcelas instalada em curva de nível com a distribuição dos pontos de coleta das sub-amostras (círculos).....	5
Figura 1.1. Diagramas de ordenação (PCoA) das comunidades de formigas baseada em espécies coletadas pelos três métodos de coleta (armadilhas pitfall, iscas e Winkler) em Viruá (A), em Maracá (B) e na Ducke (C).....	13
Figura 1.2. Diagrama de ordenação (PCoA) das comunidades de formigas baseada em espécies coletadas com iscas (A), armadilhas pitfall (B) e Winkler (C), em Viruá, em Maracá e na Ducke. ....	15
Figura 1.3. Correlações de Mantel realizada com as espécies coletadas com o Pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação isca e Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Viruá. ....	17
Figura 1.4. Correlações de Mantel realizadas com as espécies coletadas com armadilha pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação de isca com Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Maracá.....	18
Figura 1.5. Correlações de Mantel entre a combinação de armadilha pitfall e Winkler comparada com os três métodos (isca, armadilha pitfall e Winkler) nas 30 parcelas na Ducke.....	19
Figura 2.1. Correlações de Mantel entre o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e os esforços reduzidos, utilizando as comunidades de formigas baseada em espécies obtidas por três métodos de coleta em Viruá (A), em Maracá (B) e na Ducke (C).....	28
Figura 2.2. Correlações de Mantel realizadas com as comunidades de espécies coletadas com armadilha pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação de isca com Winkler (C) comparada com os três métodos, utilizando 6 sub-amostras por parcela, nas 30 parcelas em Viruá. ....	30
Figura 2.3. Correlações de Mantel realizada com as comunidades de espécies coletadas com o Pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação isca e Winkler (C) comparada com os três métodos, utilizando 6 sub-amostras por parcela, nas 30 parcelas em Maracá.....	31
Figura 2.4. Correlações de Mantel entre a combinação de armadilha pitfall e Winkler comparada com as informações sobre a composição de espécies de formigas detectadas por três métodos em cada área, utilizando 6 sub-amostras por parcela, nas 30 parcelas na Ducke.....	32
Figura 2.5. Número de espécies/morfoespécies coletadas nas três áreas estudadas utilizando esforço máximo (10 sub-amostras) e reduzido (6 sub-amostras) com os três métodos de coleta (A) e a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B).....	32

Figura 2.6. Custo para coletar, processar e identificar as formigas amostradas com os três métodos e suas combinações por sub-amostras. ....	34
Figura 3.1. Diagramas de ordenação (PCoA) das comunidades dos gêneros de formigas coletadas pelos três métodos (armadilha pitfall, isca e Winkler) em Viruá (A), Maracá (B) e Ducke (C)..	44
Figura 3.2. Diagrama de ordenação (PCoA) das comunidades dos gêneros de formigas coletadas com iscas de sardinha (A), armadilhas pitfall (B) e Winkler (C), em Viruá, em Maracá e na Ducke. ....	46
Figura 3.3. Correlações de Mantel entre o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e menores números de sub-amostras por parcela em Viruá (A), em Maracá (B) e na Ducke (C). Os 10 valores para cada número de sub-amostras foram obtidos pela seleção randômica com reposição. ....	47
Figura 3.4. Correlações de Mantel realizadas com os gêneros coletados com armadilha pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação de isca com Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Viruá. ....	49
Figura 3.5. Correlações de Mantel realizada com os gêneros coletados com o Pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação isca e Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Maracá. ....	50
Figura 3.6. Correlações de Mantel entre a combinação de armadilha pitfall e Winkler comparada com os três métodos (isca, armadilha pitfall e Winkler) nas 30 parcelas na Ducke. ....	51
Figura 3.7. Correlações de Mantel realizada com os gêneros coletados com a armadilha pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação isca e Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Viruá, utilizando 6 sub-amostras por parcela. ....	53
Figura 3.8. Correlações de Mantel realizada com os gêneros coletados com a armadilha pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação isca e Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Maracá, utilizando 6 sub-amostras por parcela. ....	54
Figura 3.9. Correlações de Mantel entre a combinação de armadilha pitfall e Winkler comparada com os três métodos (isca, armadilha pitfall e Winkler) nas 30 parcelas na Ducke utilizando 6 sub-amostras por parcela. ....	55
Figura 3.10. Número de gêneros coletados nas três áreas estudadas utilizando esforço máximo (10 sub-amostras) e reduzido (6 sub-amostras) com os três métodos de coleta (A) e a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B). ....	55
Figura 3.11. Custo para coletar, processar e identificar as formigas amostradas com os três métodos e suas combinações por sub-amostras. ....	58

## Lista de Tabelas

Tabela 1.1. Número de espécies/morfoespécies por método de coleta e suas combinações nas três reservas estudadas. ....	11
Tabela 1.2. Valores da similaridade de Mantel entre o(s) método(s) e suas combinações, comparados com os padrões ecológicos detectados por três métodos em cada área. Em negrito as correlações mais fortes. ....	16
Tabela 1.3. Custos (R\$), tempo de coleta e triagem para a identificação das 10 sub-amostras coletadas com os três métodos nas três áreas de estudo. ....	20
Tabela 2.1. Valores da similaridade de Mantel entre o(s) método(s) e suas combinações, comparados com as informações sobre a composição de espécies de formigas detectadas por três métodos (isca de sardinha, armadilha Pitfall e extrator de Winkler) em cada área, utilizando 6 sub-amostras por parcela. Em negrito as correlações mais fortes. ....	29
Tabela 2.2. Custos (R\$) para a coleta, triagem e identificação em espécie das amostras com o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela) utilizando os três métodos (isca de sardinha, armadilha Pitfall e extrator de Winkler) nas três reservas. ....	33
Tabela 2.3. Custos (R\$) para a coleta, triagem e identificação das amostras com o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela) utilizando a combinação de armadilha pitfall e Winkler nas três áreas estudadas ....	35
Tabela 2.4. Tempo gasto para coletar, triar e identificar o material coletado nas três áreas, por métodos e suas combinações, utilizando o esforço máximo (10 sub-amostras) e reduzido (6 sub-amostras) em cada parcela. ....	35
Tabela 3.1. Número de gêneros por método de coleta e suas combinações nas três reservas. ....	43
Tabela 3.2. Valores da similaridade de Mantel entre o(s) método(s) e suas combinações, comparados com as informações sobre a comunidade de formigas detectadas por três métodos em cada área. Em negrito as correlações mais fortes. ....	48
Tabela 3.3. Valores da similaridade de Mantel entre o(s) método(s) e suas combinações, comparados com os padrões ecológicos detectados por três métodos em cada área utilizando 6 sub-amostras por parcela. Em negrito as correlações mais fortes. ....	52
Tabela 3.4. Custos (R\$), tempo de coleta e triagem para a identificação de 10 sub-amostras por parcela, utilizando três métodos (isca, armadilha pitfall e Winkler) e suas combinações, nas três áreas de estudo. ....	56
Tabela 3.5. Custos (R\$), para coletar, triar e identificar o material em gênero com 10 e 6 sub-amostras por parcela, utilizando três métodos (isca, armadilha pitfall e Winkler) e a combinação da armadilha pitfall com o Winkler, nas três áreas de estudo. ....	57

Tabela 3.6. Tempo gasto para coletar, triar e identificar o material coletado nas três áreas por método (isca, armadilha pitfall e Winkler) e suas combinações, utilizando o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e reduzido (6 sub-amostras por parcela)..... 58

Tabela 4.1. Probabilidades associadas para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação do PCoA, que representam a composição qualitativa da comunidade de espécies de formigas coletadas com os três métodos, e as variáveis ambientais para o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela). Em cinza está assinalado onde o padrão não se manteve em comparação com o esforço reduzido..... 66

Tabela 4.2. Probabilidades associadas para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação do PCoA que representam a composição qualitativa da comunidade espécies de formigas coletadas com a combinação pitfall e Winkler, e as variáveis ambientais para o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela). Em cinza está assinalado onde o padrão não se manteve em comparação com o esforço reduzido..... 67

Tabela 4.3. Probabilidades associadas para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação do PCoA, que representam a composição qualitativa da comunidade de gêneros de formigas coletadas com os três métodos, e as variáveis ambientais para o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela). Em cinza está assinalado onde o padrão não se manteve em comparação com o esforço reduzido..... 68

Tabela 4.4. Probabilidades associadas para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação do PCoA que representam a composição qualitativa da comunidade de gêneros de formigas coletadas com a combinação pitfall e Winkler, e as variáveis ambientais para o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela). Em cinza está assinalado onde o padrão não se manteve em comparação com o esforço reduzido..... 69

## Resumo

Métodos efetivos de monitoramento ambiental são necessários para proteger os recursos naturais. Porém, devido à limitação de recursos financeiros para estudos da biodiversidade, o máximo de informação deve ser obtido com menores custos. Identificar e adotar protocolos economicamente viáveis são especialmente importante em programas de pesquisa em larga escala espacial e temporal. Em grupos megadiversos como as formigas, com muitas espécies ainda não descritas, a redução do número de métodos de coleta, a diminuição do número de sub-amostras por parcela (rarefação) e o conceito de táxon substituto tem sido usados como atalhos para descrever padrões ecológicos e geográficos ao nível de comunidade. Em três áreas de 25 km<sup>2</sup> de reservas amazônicas, foi investigado o quanto estas poderiam ser estudadas usando as espécies e os gêneros de formigas para avaliar a os efeitos do número de métodos utilizados, assim como da rarefação de sub-amostras. Também foi investigado se estas áreas podem ser estudadas ao nível de comunidade usando os gêneros de formigas como substitutos de espécies. Com isto, objetivou-se avaliar a redução dos custos financeiros, investigar as conseqüências na perda da informação ecológica e colaborar no estabelecimento de um protocolo de coleta padrão para inventários. Foram inventariadas a Estação Ecológica de Maracá (floresta ombrófila e estacional), Parque Nacional do Viruá (mosaico entre florestas ombrófilas, brejos, campinas e campinaranas) e a Reserva Florestal Adolpho Ducke (floresta tropical úmida). Usando iscas de sardinha, armadilhas pitfall e extratores de Winkler, 300 sub-amostras de cada método foram coletadas em 30 parcelas de 250 m em cada reserva. Identificamos 342 espécies/morfoespécies, dentro de 60 gêneros e 11 subfamílias. Pela primeira vez nesta escala espacial é mostrado que os métodos foram complementares e coletaram comunidades de espécies e de gêneros distintas em cada área, refletindo a influência do ambiente na distribuição das formigas. A redução do esforço foi avaliada pela redução de métodos e rarefação, havendo forte correlação entre as comunidades de espécies e de gêneros de formigas entre 10 (esforço máximo utilizado) e 6 sub-amostras por parcela utilizando a combinação de armadilha pitfall e Winkler, indicando que mesmo com o esforço reduzido os padrões ecológicos da comunidade continuariam sendo bem representados. Tanto as respostas obtidas com as espécies, quanto às obtidas os gêneros foram suficientemente informativas para detectar padrões ecológicos. A utilização de um número reduzido de métodos aliada a rarefação reduziu o tempo e os custos do projeto. Porém, dependendo da área, a utilização de gêneros pode resultar em perda da informação ecológica para as variáveis ambientais de menor magnitude. Este precedente indica que este potencial pode ser aplicado em outros ambientes similares a estes que foram inventariados.

## Abstract

Effective environmental monitoring methods are needed to protect natural resources. However, due to limited financial resources for biodiversity studies, as much information should be obtained at lower costs. Identifying and adopting cost effective sampling protocols is especially important for large, long-term programs. In mega groups like ants, with many undescribed species, the diminishment of sub-samples (rarefaction) and species' surrogate has been used as shortcuts to describe patterns at the community level. In three areas of 25 km<sup>2</sup> of Amazonian reserves, we investigate how these systems can be studied using the species and genera of ants to evaluate the effects of sub-sample rarefaction. We also tested if these systems can be studied at the community level using the genera of ants as a surrogate of species. With this, we aimed to evaluate the financial costs reduction, investigate the consequences in the ecological information loss, and to collaborate to the establishment of a standardized protocol of ants' inventories. Three reserves were inventoried: Maraca Ecological Station (rain forest and seasonal), Viruá National Park (mosaic of rainforests, swamps, meadows and campinaranas), and Adolpho Ducke Forest Reserve (tropical rainforest). Using sardine baits, pitfall traps and Winkler extractors, 300 sub-samples of each method were collected in 30 plots of 250 m on each reserve. We identified 342 species/morphospecies, 60 genera, and 11 subfamilies. For the first time at this spatial scale it is shown that the methods were complementary, and showed distinct communities of species and genera in each area, reflecting the influence of environment on the ants' distribution. The reduction of effort was assessed by rarefaction, and there was strong correlation between the communities of species and genera of ants from 10 (maximum effort used) and 6 sub-samples per plot, indicating that even with the reduced effort, the ecological patterns of the community would continue to be well represented. The answers obtained for species and genera were informative enough to detect ecological patterns. The use of a reduced number of methods together with rarefaction greatly reduced time and costs of the project. Therefore, depending of the area being investigated, the use of genera can result in ecological information loss for the environmental variables with lower magnitude. This precedent indicates that this potential can be applied in other environments similar to those that were inventoried.

## Introdução Geral

Nos trópicos, os invertebrados constituem aproximadamente 93% da biomassa animal (Fittkau & Klinge, 1973; Wilson, 1987) e vivem, em sua maioria, nas florestas (Hubbell & Foster, 1992). As formigas (Hymenoptera: Formicidae), juntamente com os cupins, correspondem a 1/3 desta biomassa (Wilson, 1987) e, portanto, são de presença evidente em grande parte dos ecossistemas terrestres (Longino *et al.*, 2002). As formigas são altamente abundantes, possuem dominante contribuição em diversidade de espécies (Rosenberg *et al.*, 1986; Andersen & Majer, 2004), ampla distribuição, são relativamente fáceis de coletar e de identificar (Holdobler & Wilson, 1990; Alonso & Agosti, 2000). A influência exercida nos solos por esses animais é muito grande (Lobry de Bruyn, 1999) e são usados como modelos para responder a diversas questões ecológicas (Kaspari & Weiser, 2000). As muitas espécies de formigas que nidificam em folhas e/ou troncos caídos no chão das florestas constroem ninhos efêmeros, que são considerados sensíveis a modificações no habitat (Byrne, 1994).

Através do mundo, os invertebrados são rotineiramente usados para monitoramentos biológicos em sistemas aquáticos (Hawkins, *et al.*, 2000). Pesquisadores de ambientes terrestres, entretanto, têm usado invertebrados como indicadores ecológicos com muito menos frequência (Andersen & Majer, 2004). Apesar de ser amplamente reconhecido de que os invertebrados fornecem valiosas indicações em mudanças na integridade biológica e nas funções do ecossistema associados ao uso da terra, normalmente eles não são considerados por agências de manejo (Andersen & Majer, 2004). Isto provavelmente reflete mais a baixa capacidade de negociar com agências governamentais a respeito da biodiversidade de invertebrados, do que dificuldades intrínsecas (Andersen, *et al.*, 2004). Outro aspecto é a falta de taxonomistas e parataxonomistas para identificar o grande número de espécies e/ou morfoespécies a serem coletadas.

### *Suficiência Amostral e Métodos de Coleta*

Nenhum método de coleta é eficiente para a captura de todos os grupos de invertebrados presentes numa determinada área. Alguns estudos realizados com diversos métodos de coletas para a captura de formigas, assim como combinações desses métodos, revelaram que as

informações obtidas por essas armadilhas se completam para a obtenção de um levantamento mais completo da riqueza de gêneros e espécies na área (ex. Olson, 1991; Delabie *et al.*, 2000). Os métodos mais utilizados para a coleta de formigas são o extrator de Winkler, armadilhas tipo Pitfall, e Iscas.

Segundo Delabie *et al.* 2000, a escolha do método de coleta ou a combinação de métodos, assim como o número mínimo de amostras a serem coletadas (rarefação), depende do propósito do levantamento e de quanto da fauna de formiga pretende-se acessar. Sendo assim, o emprego de um número mínimo de métodos de coleta que seja o suficiente para fornecer dados confiáveis e responder as questões levantadas torna-se de extrema importância, já que, em levantamentos rápidos da biodiversidade o tempo e os recursos logísticos e financeiros são escassos. Estudos de número mínimo de métodos, normalmente procuram saber qual o método ou a combinação de métodos são mais eficientes para um inventário com ênfase nos registros da diversidade e abundância dos táxons (ex. Garden *et al.*, 2007; Roy *et al.*, 2007; Ribeiro-Junior *et al.*, 2008). Porém, um método de amostragem deve ser eficiente em recuperar as informações sobre a comunidade de formigas e, ao mesmo tempo, ter eficácia em captar os padrões ecológicos associados à distribuição das espécies.

### *Suficiência Taxonômica*

Um dos problemas que os conservacionistas enfrentam é como identificar, de maneira rápida e sob custos baixos, as áreas mais importantes para conservação (Williams & Gaston, 1994). Devido ao tempo e recursos financeiros escassos, à falta de literatura taxonômica e de especialistas, mapear a diversidade em grandes escalas é impraticável e com frequência impossível se for usada à identificação de táxons em nível de “espécie” como medida de diversidade (Olsgard *et al.* 2003).

Em levantamentos rápidos da diversidade, os pesquisadores estão interessados em grupos alvo ou substitutos, “surrogates” em inglês, que sejam capazes de fornecer respostas satisfatórias em um espaço de tempo relativamente curto. O uso de níveis taxonômicos superiores (gênero, família, etc.) como substitutos de espécies evita o trabalho intensivo de laboratório e o tempo consumido para a identificação de táxons em nível espécies (Pik *et al.*, 1999). O termo “substituto” pode também ser aplicados àqueles taxa “potenciais” ou “alvos” que podem ser

utilizados devido às suas capacidades de prover uma indicação da diversidade total de espécies (sensu Williams & Gaston, 1994; Andersen, 1995b e Olsgard *et al.*, 2003). Estes substitutos devem ter uma correlação forte com o número de espécies, porém que sejam mais fáceis de acessar (Olsgard *et al.* 2003). O uso de taxa alvos ou substitutos tem implicações particulares para conservação e as formigas têm aparecido de maneira proeminente nestas análises (Andersen, 1995b; Oliver & Beattie, 1996 a e b).

No estudo dos invertebrados, em particular das formigas da serrapilheira, deve-se levar em consideração o nível de classificação taxonômica que se tem por objetivo atingir, uma vez que existem poucos especialistas, principalmente na região amazônica. Segundo o conceito de “Suficiência Taxonômica” (Ellis, 1985; Maurer, 2000), qualquer organismo deve ser identificado a um nível (espécie, gênero, família, etc.) que balanceie as necessidades de indicar a biologia (incluindo algumas matérias como diversidade) dos organismos presentes com precisão ao se proceder a identificação, e essa identificação só é suficiente em um levantamento, se ela é precisa a um nível que satisfaça a necessidade de informação.

#### *Inventários da biodiversidade em larga escala na região Amazônica*

Padrões e processos ecológicos são caracteristicamente dependentes de escala e os resultados da pesquisa não podem ser facilmente traduzidos de uma escala para outra. A biologia da conservação é desafiada pela falta de congruência entre escalas espaciais das pesquisas ecológicas (que normalmente envolvem pequenas parcelas) e manejo de ecossistemas (normalmente envolvendo toda uma paisagem) (Andersen 1997b). Este estudo fará parte do Projeto de Pesquisa de Biodiversidade – PPBIO, que compreende inicialmente de um inventário rápido de biodiversidade além de gerar conhecimento local capacitando pesquisadores e técnicos (parataxônomos) locais que continuem a efetuar levantamentos de biodiversidade de longa duração. As formigas são um dos grupos ideais para esse projeto devido a diversos fatores: 1) facilidade de coleta e identificação, 2) é grupo considerado bem resolvido do ponto de vista taxonômico, minimizando os problemas de comparações de morfoespécies, além de haver um grande suporte digital disponível na Internet, facilitando as identificações e trocas de informações entre especialistas e 3) as formigas tem sido amplamente utilizadas para análises biogeográficas e zoneamentos ecológicos, utilizando as espécies ou os grupos funcionais.

## Área de Estudo

As coletas foram realizadas nas grades de 25 km<sup>2</sup> usadas pelo PPBio, localizadas na Reserva Florestal Adolpho Ducke no estado do Amazonas, na Estação Ecológica de Maracá e no Parque Nacional do Viruá, ambas no estado de Roraima. As três áreas serão chamadas de Ducke, Maracá e Viruá, respectivamente.

Na Ducke (02°56'21''N, 59°57'43''W) os solos são um contínuo de Latossolo amarelo nas áreas mais altas (platôs com altitudes variando de 80 a 140 m de altitude), tornando-se mais arenoso à medida que a inclinação aumenta e a altitude diminui. Os terrenos nas áreas mais baixas (baixios) estão situados sobre solo Podzol hidromórfico e são frequentemente alagados no período mais chuvoso da região (Chauvel *et al.*, 1987). A estrutura florística da Ducke varia de acordo com a topografia. A vegetação é uma floresta tropical úmida de terra firme que pode ser diferenciada em floresta de platô e floresta de campinarana ou baixio. O clima é tropical úmido e a umidade relativa varia de 75 a 86%. A precipitação anual varia de 1750 a 2500 mm, com maior volume de chuva entre os meses de novembro a maio. A temperatura média anual é 26°C, com pouca variação ao longo do ano (Ribeiro & Adis, 1984).

Em Maracá (03°24'20''N, 61°29'18''W) o relevo é levemente ondulado variando entre 51 e 99 m (McGregor & Eden, 1998), com grande parte da área com solos classificados como Argissolo vermelho-amarelo e Latossolo vermelho-amarelo e predomina a floresta ombrófila e estacional de terra firme, variando de decídua a semi-decídua com poucas áreas alagadas e pequenas porções de savana. A floresta ocorre em solos muito pobres em nutrientes (Nascimento, 1997). A altura da copa é de aproximadamente 25 m. Aproximadamente 5% da grade PPBio é ocupada por uma savana aberta. O clima é caracterizado por uma estação chuvosa de abril a outubro e uma estação seca de novembro a março. A temperatura média anual é de 26°C variando de 21 a 43°C e precipitação variando de 1750 a 2250 mm (IBAMA, 2009).

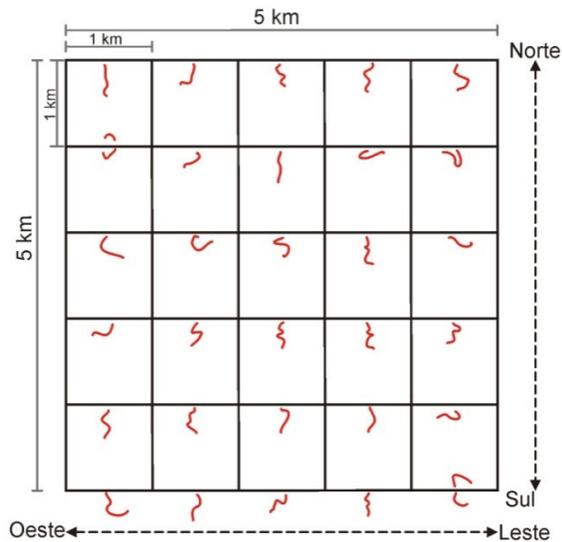
Em Viruá (01°29'12''N, 61°02'52''W) existe uma grande variação na classificação do solo, onde a predominância na área é de solos Espodosolo cárbico, Argissolo acinzentado e Gleissolo háplico. O relevo é predominantemente plano com a ocorrência de alguns morros, com altitude variando de 45 a 250 m, e extensas áreas de solo arenoso mal drenado (RADAMBRASIL, 1974). A vegetação é caracterizada por um mosaico entre florestas

ombrófilas de baixa altitude, brejos, campinas e campinaranas. A área é sujeita a diferentes graus de inundações estacionais. O clima da região é classificado por uma estação chuvosa de abril a agosto e uma estação seca de setembro a março. A temperatura média anual é 32°C, e a média pluviométrica anual 1.750 mm (IBAMA, 2009).

### Delineamento amostral

O estudo da comunidade de formigas tem tradição de estudos detalhados em pequenas parcelas, mas o uso destes animais como bioindicadores requer um entendimento da comunidade de formigas em largas escalas espaciais (Andersen, 1997b). Portanto, o presente estudo foi efetuado em grades de 25 km<sup>2</sup>, com trilhas marcadas a cada 1 km (Fig. 1A). Cada grade possui 30 parcelas de 250 m, demarcadas em curva de nível (Magnusson *et al.*, 2005). Foram coletadas 10 sub-amostras em cada parcela, separadas 25 m uma da outra (Fig. 1B), totalizando 300 amostras por área.

A)



B)

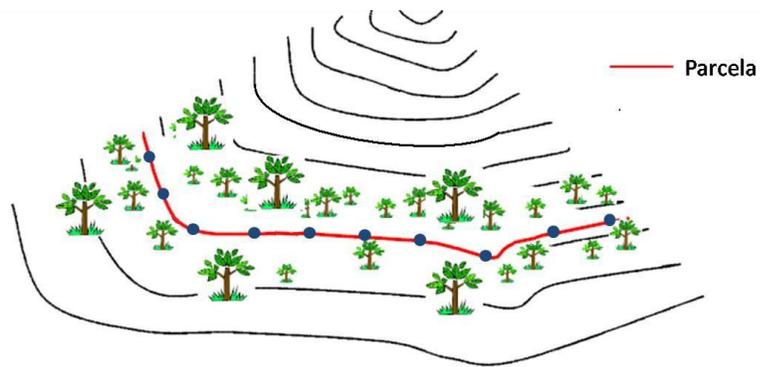


Figura 1. A) Grades de 25 km<sup>2</sup>, com parcelas de 250 metros demarcadas em curva de nível, instaladas na Ducke, Maracá e Viruá. B) Demonstração de uma das parcelas instalada em curva de nível com a distribuição dos pontos de coleta das sub-amostras (círculos).

## Método de coleta

Foram utilizados três métodos de coleta: extrator de Winkler, armadilhas de fosso do tipo pitfall e iscas de sardinha (sardinha em lata, vendidas comercialmente), chamados a partir de agora Winkler, armadilhas pitfall e iscas, respectivamente. Em cada parcela, em intervalos de 25 m, foram retiradas amostras de serrapilheira. A serrapilheira, demarcada por um quadrado de 1 m<sup>2</sup>, foi recolhida e colocada dentro de uma peneira, que foi agitada vertical e horizontalmente. No mesmo local de onde foi retirado a serrapilheira, um pitfall foi instalado e a isca de sardinha depositada. Ao total, foram efetuadas 10 sub-amostras por parcela para cada método (total de 900 sub-amostras por área).

As formigas foram retiradas das amostras de 1 m<sup>2</sup> através de uma peneira com malha de 1 cm<sup>2</sup>. A serrapilheira peneirada foi colocada no Winkler por 48 h. No Winkler, as formigas e os outros invertebrados migram da serrapilheira em resposta ao distúrbio e resposta à dissecação e caem no recipiente de coleta fixado na parte inferior do extrator parcialmente preenchido com álcool (Bestelmeyer *et al.*, 2000).

A armadilha pitfall (6,5 cm de diâmetro; 8 cm de altura; 500 mL de volume), parcialmente preenchida com álcool e algumas gotas de detergente, foi instalada e permaneceu na parcela por 48 h. Por ser uma armadilha de queda, coleta apenas as formigas em atividade na área. (Bestelmeyer *et al.*, 2000).

As iscas de sardinha foram depositadas em pedaços de plástico (10 X 10 cm) sobre a serrapilheira e removidas após 40 minutos.

A grade da Ducke foi coletada em setembro de 2006 e as de Maracá e Viruá em fevereiro de 2007, todas durante as respectivas estações menos chuvosas.

Todo o material coletado foi preservado em recipientes com álcool (75%). As espécies de formigas foram identificadas utilizando chaves taxonômicas e artigos específicos, além da comparação com material depositado na Coleção de Invertebrados do INPA. O material foi depositado na Coleção de Invertebrados do INPA.

## **Capítulo 1: Eficiência e custo- benefício de três métodos de coleta no inventário de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em três reservas florestais na Amazônia Brasileira**

### **Introdução**

A biologia da conservação é desafiada pela falta de congruência entre escalas espaciais das pesquisas ecológicas, que normalmente envolvem pequenas parcelas, e pelo manejo de ecossistemas, que envolve uma paisagem (Andersen, 1997b). Levantamentos de biodiversidade como os do PPBIO, Projeto TEAM (“Tropical Ecology Assessment Monitoring Initiative”) e Projeto CENÁRIOS (que une o PPBio, a Rede Geoma de Modelagem da Biodiversidade na Amazônia/Geoma e o Programa “Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia” /LBA), abrangem grande escala espacial, para responder perguntas em escala regional e atender ao monitoramento de grandes áreas, como as reservas ecológicas.

Este estudo faz parte do PPBio (Programa de Pesquisa de Biodiversidade), financiado pelo MCT, que efetua inventários rápidos de biodiversidade e gera conhecimento através da capacitação de pesquisadores e técnicos (parataxônomos) locais, para que continuem a efetuar levantamentos de biodiversidade de longa duração (Magnusson *et al.*, 2005; 2008). No PPBio, o protocolo a ser estabelecido para cada grupo biológico deve ser simples, rápido e de baixo custo, de maneira a treinar e aumentar o número de pessoas que possam utilizá-lo. Os invertebrados fornecem valiosas indicações sobre mudanças na integridade biológica e nas funções do ecossistema associados ao uso da terra, mas normalmente eles não são considerados por agências de manejo (Andersen & Majer, 2004; Andersen *et al.* 2004). Ao contrário dos vertebrados, cuja maioria é identificada no campo, os invertebrados demandam muito tempo para processamento e identificação no laboratório (Gardner *et al.*, 2008), resultando também em altos custos. Além do mais, faltam taxonomistas e parataxonomistas para identificar o grande número de espécies e/ou morfoespécies coletadas.

Entre os invertebrados, as formigas são muito abundantes, possuem alta diversidade de espécies (Rosenberg *et al.*, 1986; Andersen & Majer, 2004), ampla distribuição e são relativamente fáceis de coletar e de identificar (Holdobler & Wilson, 1990; Alonso & Agosti,

2000). Estes insetos estão entre os grupos ideais para estudos de biodiversidade devido a três fatores: 1) facilidade de coleta e identificação, 2) são um grupo bem estudado no ponto de vista taxonômico, minimizando os problemas de comparações de morfoespécies, além do grande suporte digital na internet que facilita as identificações e trocas de informações entre especialistas e 3) tem sido amplamente utilizadas para análises biogeográficas e zoneamento ecológico.

O delineamento amostral deste trabalho segue o método RAPELD, sigla que une duas escalas temporais: inventários rápidos (RAP) e Projetos Ecológicos de Longa Duração (PELD). Este método foi adotado pelo PPBio (Magnusson *et al.*, 2005; 2008) para responder perguntas em escala regional e atender ao monitoramento de grandes áreas, como as reservas ecológicas. No método RAPELD, a variação interna da textura do solo na parcela é minimizada, pois as parcelas seguem a curva de nível do terreno e assim, uma parcela posicionada ao longo da curva de nível minimiza a variação na altitude e, portanto, nas condições de textura do solo (Magnusson *et al.* 2005).

Nenhum método de coleta é eficiente para a captura de todos os grupos de invertebrados presentes numa área. A escolha do método ou a combinação destes depende do propósito do levantamento e de quanto da fauna de formigas pretende-se acessar. Os métodos mais utilizados para a coleta de formigas são o extrator de Winkler, as armadilhas de fosso do tipo pitfall e as iscas com substância atrativa (sardinha) (Vasconcelos, 2006). Vários estudos têm comprovado que as informações obtidas por estes métodos se completam para um levantamento da riqueza de espécies de formigas (ex. Olson, 1991; Delabie *et al.*, 2000), e isto também tem sido observado na Amazônia (Souza *et al.* 2007; 2009a, b).

Inventários tradicionais têm sido efetuados por sistematas e coletores de museus (King & Porter, 2005) e listas de espécies são desejáveis, porém, em levantamentos rápidos da biodiversidade o tempo e os recursos logísticos e financeiros são escassos, sendo extrema importância o emprego de um número mínimo de métodos de coleta para fornecer dados que representem bem a comunidade local. Segundo Evans *et al.* (2001), o objetivo de inventários e monitoramentos é dar suporte ao manejo, mas os custos não devem exceder nenhum benefício econômico que estas investigações possam trazer. Já tem sido mostrado que é possível diminuir o esforço de coleta e os custos e, ao mesmo tempo, manter a informação ecológica em

inventários de média e larga escala espacial efetuados em reservas florestais na Amazônia, através de redução do número de sub-amostras para coleta de formigas (Souza *et al.*, 2009a, b), a redução tanto do número de sub-amostras no campo, quanto da proporção da amostras processada em laboratório para ácaros do solo (Santos *et al.*, 2008) e a redução do tamanho da parcela para pteridófitas (Zuquim *et al.*, 2007). Os autores acima citados sugerem que o custo de levantamento pode ser reduzido ou realocado para a amostragem de maior número de parcelas.

Porém, esta é a primeira investigação que leva em consideração inventários de invertebrados terrestres efetuados em três áreas de reservas florestais, uma localizada no estado do Amazonas e duas em Roraima. Objetivamos investigar métodos de redução do tempo na coleta, da triagem e da identificação das formigas extraídas pelo método de extração de Winkler, das capturadas por armadilhas de queda do tipo pitfall e das coletadas com iscas de sardinha. Para verificar se os métodos de coleta são complementares na detecção da diversidade, a estratégia adotada foi a comparação das comunidades de formigas entre os três métodos dentro área e entre as três áreas. Também visamos investigar se um método ou a combinação de dois métodos poderá recuperar as informações sobre a comunidade de formigas detectada pelos três métodos. Com isto, objetivamos avaliar a redução dos custos financeiros e colaborar no estabelecimento protocolos de coleta para inventários nas áreas de amostragem do programa.

## **Material e Métodos**

### **Análise de dados**

Cinquenta sub-amostras de Winkler (5 parcelas) da Ducke foram excluídas das análises devido a problemas causados durante o transporte das sub-amostras para o laboratório. Todas as análises subsequentes para a Ducke foram baseadas nos resultados de 30 parcelas para as iscas e armadilhas pitfall e 25 parcelas para o Winkler. As análises foram feitas com base na casta de operárias, visto que as operárias indicam estabelecimento de colônia (Longino *et al.*, 2002). Foram empregados dados de incidência (presença/ausência) devido ao comportamento destes insetos sociais, que usualmente empregam forrageio em massa e a distribuição dos ninhos na

serrapilheira (Hölldobler & Wilson, 1990; Levings & Franks, 1982; Brühl *et al.*, 2003), o que levaria a uma super estimação das espécies que possuem ninhos maiores por exemplo.

### **Complementaridade entre os métodos de coleta**

Para determinar se os métodos são complementares, foi comparada a similaridade entre as comunidades coletadas, baseadas na composição de espécies para cada método utilizado. A composição qualitativa da comunidade de formigas foi reduzida a duas dimensões com a técnica de Análise de Coordenadas Principais (PCoA), aplicada sobre uma matriz de associação calculada com o índice de Sørensen para dados qualitativos. Esta análise foi realizada dentro de cada área, e entre as áreas estudadas.

Foi utilizada a MANOVA para testar se os métodos estavam coletando comunidades distintas em cada área. A significância do teste foi verificada com a ANOVA em cada um dos dois eixos testados.

### **Redução de esforço (utilização de um número inferior de métodos de coleta)**

Para investigar se um método ou a combinação de dois métodos recuperava(m) as informações sobre a composição de espécies de formigas detectadas pelos os três métodos combinados, foi realizada a correlação de Mantel ( $r_M$ ) entre as matrizes lineares de similaridade dos três métodos, com a dos métodos isolados e as combinações de dois métodos. Os valores da correlação de Mantel variam entre  $-1$  e  $+1$  (Chust *et al.* 2003). Valores próximos de  $+1$  ou  $-1$  indica que as duas amostras comparadas carregam a mesma informação em relação às similaridades. Relações negativas podem ser convertidas em relações positivas por o uso do complemento do índice em uma das matrizes. Valores próximos de zero indicam amostras pouco similares.

Foram analisadas as 30 parcelas de cada grade e foram construídos gráficos utilizando a dissimilaridade entre as comparações dos três métodos com as suas combinações. Foram considerados significativos os resultados de  $r^2 \geq 0,3$  e  $p \leq 0,05$ . As ordenações por PCoA, os testes de Mantel e as regressões múltiplas multivariadas foram feitas no pacote estatístico “R” (R Development Core Team, 2008) e os diagramas de ordenação e os gráficos de similaridade pelo SYSTAT 12.0.

## Resultados

Somando os resultados dos três métodos nas três áreas, foram coletadas e identificadas 71.778 formigas pertencentes a 11 sub-famílias, 60 gêneros, 95 espécies e 247 morfoespécies (Apêndice 1).

O menor número de espécies/morfoespécies por grade foi registrado no Viruá, tanto para os métodos de coleta, quanto para as combinações destes, seguida de Maracá e da Ducke (Tabela 1.1). De uma maneira geral, os métodos individuais foram menos efetivos que os métodos combinados para capturar a riqueza gama de espécies, exceto o pitfall, que capturou cerca de 79 e 87% da riqueza no Viruá, em Maracá e Ducke, respectivamente. A isca de sardinha foi mais eficiente na captura de espécies/morfoespécies que o Winkler em Maracá e Viruá, mas o mesmo padrão não se repetiu para a Ducke, onde o Winkler foi mais eficiente que a isca.

Tabela 1.1. Número de espécies/morfoespécies por método de coleta e suas combinações nas três reservas estudadas. Em parêntesis numero de espécies exclusivas em cada método por área.

Métodos	Área		
	Ducke	Maracá	Viruá
Pitfall	212 (48)	197 (34)	129 (13)
Isca	68 (4)	59 (4)	58 (13)
Winkler	112 (14)	35 (1)	22 (0)
Pitfall e Winkler	235	199	133
Isca e Winkler	140	74	70
Isca e Pitfall	218	209	149
Isca, Pitfall e Winkler	241	210	152

## **Comparação das comunidades de formigas entre os três métodos de coleta dentro de cada sítio**

Na análise de ordenação foi registrada diferença entre a composição de espécies nas comunidades coletadas com os três métodos nas três reservas estudadas. Em Viruá, a variação foi encontrada nos dois eixos (MANOVA: Pillai Trace = 0,7932;  $p < 0,001$ ; ANOVA: Eixo 1,  $F_{2,70} = 49,233$ ;  $p < 0,001$ ; Eixo 2,  $F_{2,70} = 9,234$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 1.1A), assim como em Maracá (MANOVA: Pillai Trace = 1,739;  $p < 0,001$ ; ANOVA, Eixo 1,  $F_{2,87} = 280,84$ ;  $p < 0,001$ ; Eixo 2  $F_{2,87} = 298,6$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 1.1B) e na Ducke (MANOVA: Pillai Trace = 1,669;  $p < 0,001$ ; ANOVA: Eixo 1,  $F_{2,82} = 223,65$ ;  $p < 0,001$ ; Eixo 2,  $F_{2,82} = 191,35$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 1.1C). Isso significa dizer que a composição das comunidades baseada em diferentes métodos de coleta nas três áreas estudadas tendem a ser diferentes em todas as áreas estudadas

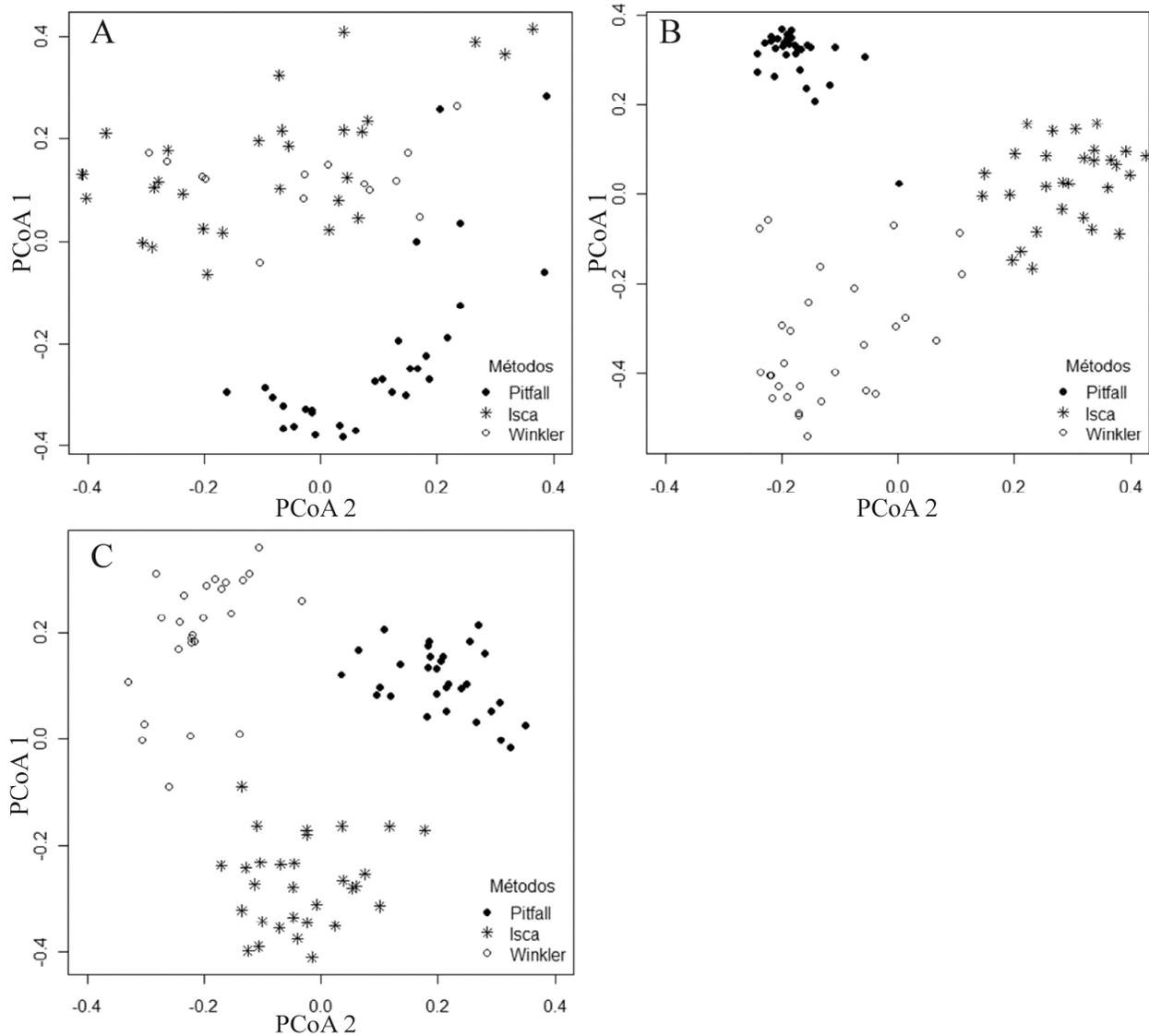


Figura 1.1. Diagramas de ordenação (PCoA) das comunidades de formigas baseada em espécies coletadas pelos três métodos de coleta (armadilhas pitfall, iscas e Winkler) em Viruá (A), em Maracá (B) e na Ducke (C).

Entretanto existe uma sobreposição em alguns pontos, dificultando a total separação das comunidades, indicando que possivelmente existam métodos redundantes neste estudo.

## **Comparação das comunidades de formigas coletadas com cada método entre as três áreas**

O PCoA foi utilizado para testar a complementaridade dos métodos utilizados, para verificar se estes métodos estavam coletando comunidades diferentes ou similares por área de estudo. Com a isca, foram coletadas comunidades distintas em cada área (MANOVA: Pillai Trace = 1,416;  $p < 0,001$ ) e a diferença foi detectada nos dois eixos (ANOVA: Eixo 1,  $F_{2,86} = 126,52$ ;  $p < 0,001$ ; Eixo 2,  $F_{2,86} = 87,36$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 1.2A). Com a armadilha pitfall também foram coletadas comunidades distintas em cada área (MANOVA: Pillai Trace = 1,517;  $p < 0,001$ ) e a diferença foi detectada nos dois eixos (ANOVA: Eixo 1,  $F_{2,87} = 365,04$ ;  $p < 0,001$ ; Eixo 2,  $F_{2,87} = 72,039$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 1.2B). No Winkler também houve diferença entre as comunidades de formigas (MANOVA: Pillai Trace = 0,8821;  $p < 0,001$ ). A diferença foi encontrada no eixo 1 (ANOVA: Eixo 1,  $F_{2,66} = 198,61$ ;  $p < 0,001$ ), entretanto não houve diferença no eixo 2 (ANOVA: Eixo 2,  $F_{2,66} = 0,8331$ ;  $p = 0,4392$ ) (Figura 1.2C).

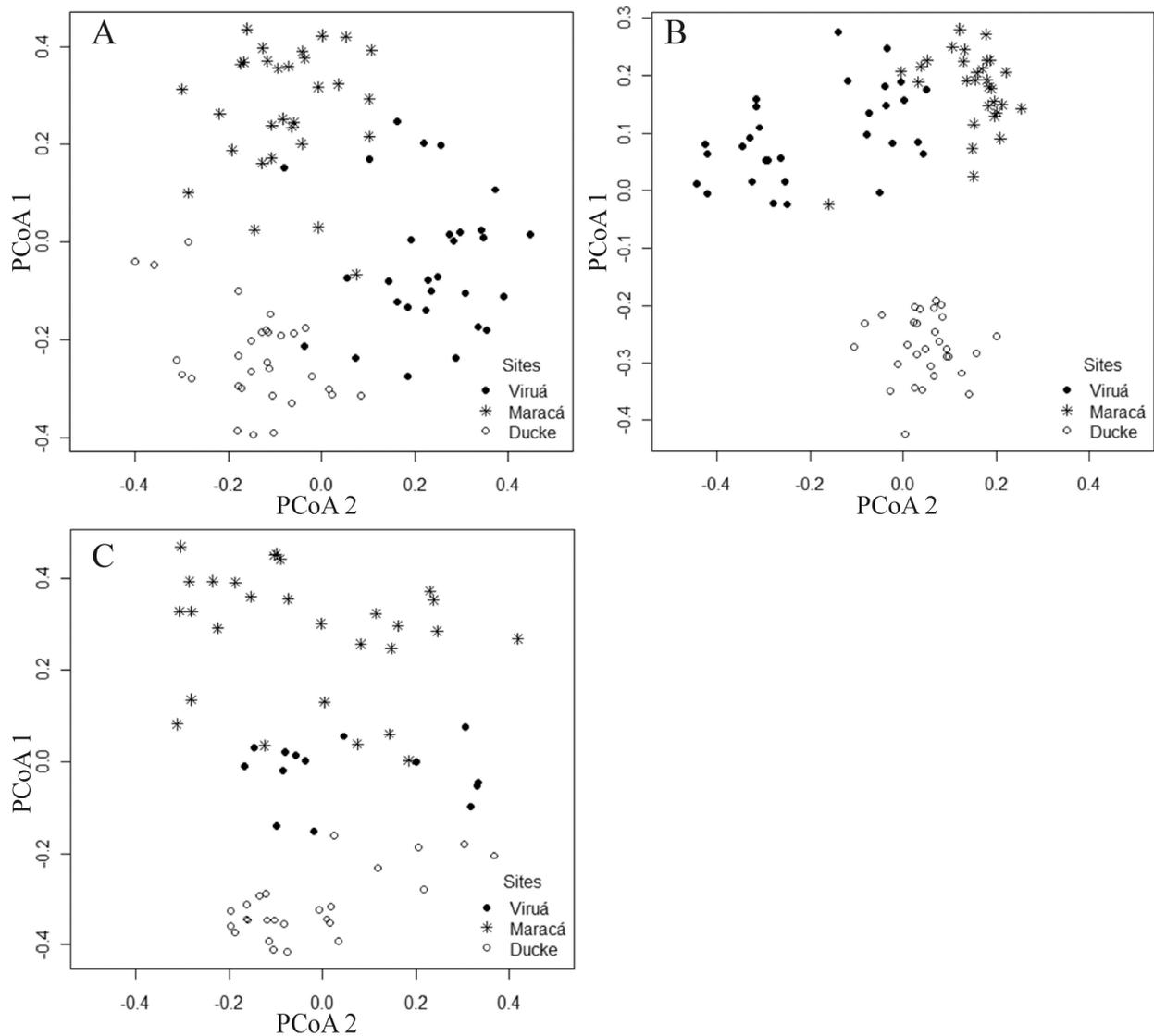


Figura 1.2. Diagrama de ordenação (PCoA) das comunidades de formigas baseada em espécies coletadas com iscas (A), armadilhas pitfall (B) e Winkler (C), em Viruá, em Maracá e na Ducke.

### Comparação das comunidades de formigas coletadas entre os métodos e suas combinações

Partindo do pressuposto de que o protocolo poderia optar pela redução de um ou mais métodos de coleta, a alternativa seria reduzir o número de métodos utilizados, escolhendo um ou dois métodos que melhor representasse(m) as informações sobre a composição de espécies de formigas detectadas por três métodos. Para avaliar as combinações mais interessantes, eu

comparei os valores de correlação de Mantel entre as matrizes de composição de espécies baseadas em cada método e suas combinações (Tabela 1.2).

Tabela 1.2. Valores da similaridade de Mantel entre o(s) método(s) e suas combinações, comparados com os padrões ecológicos detectados por três métodos em cada área. Em negrito as correlações mais fortes.

Métodos	Viruá		Maracá		Ducke	
	r2	p	r2	p	r2	p
Isca	0,516	< 0,001	0,268	0,008	0,242	< 0,001
Pitfall	<b>0,962</b>	< 0,001	<b>0,944</b>	< 0,001	0,584	< 0,001
Winkler	0,197	0,053	0,118	0,0142	0,554	< 0,001
Pitfall e Winkler	<b>0,974</b>	< 0,001	<b>0,953</b>	< 0,001	<b>0,936</b>	< 0,001
Isca e Winkler	0,54	< 0,001	0,319	0,008	0,633	< 0,001
Isca e Pitfall	<b>0,991</b>	< 0,001	<b>0,982</b>	< 0,001	0,681	< 0,001

Tanto em Viruá (Tabela 1.2, Figura 1.3A, B e C) quanto em Maracá (Tabela 1.2, Figura 1.4A, B e C), as informações obtidas com a armadilha pitfall sozinha, a combinação da armadilha pitfall com o Winkler e a combinação da isca e com a armadilha pitfall foram altamente correlacionadas às informações sobre a composição de espécies de formigas que foram detectadas pelos três métodos.

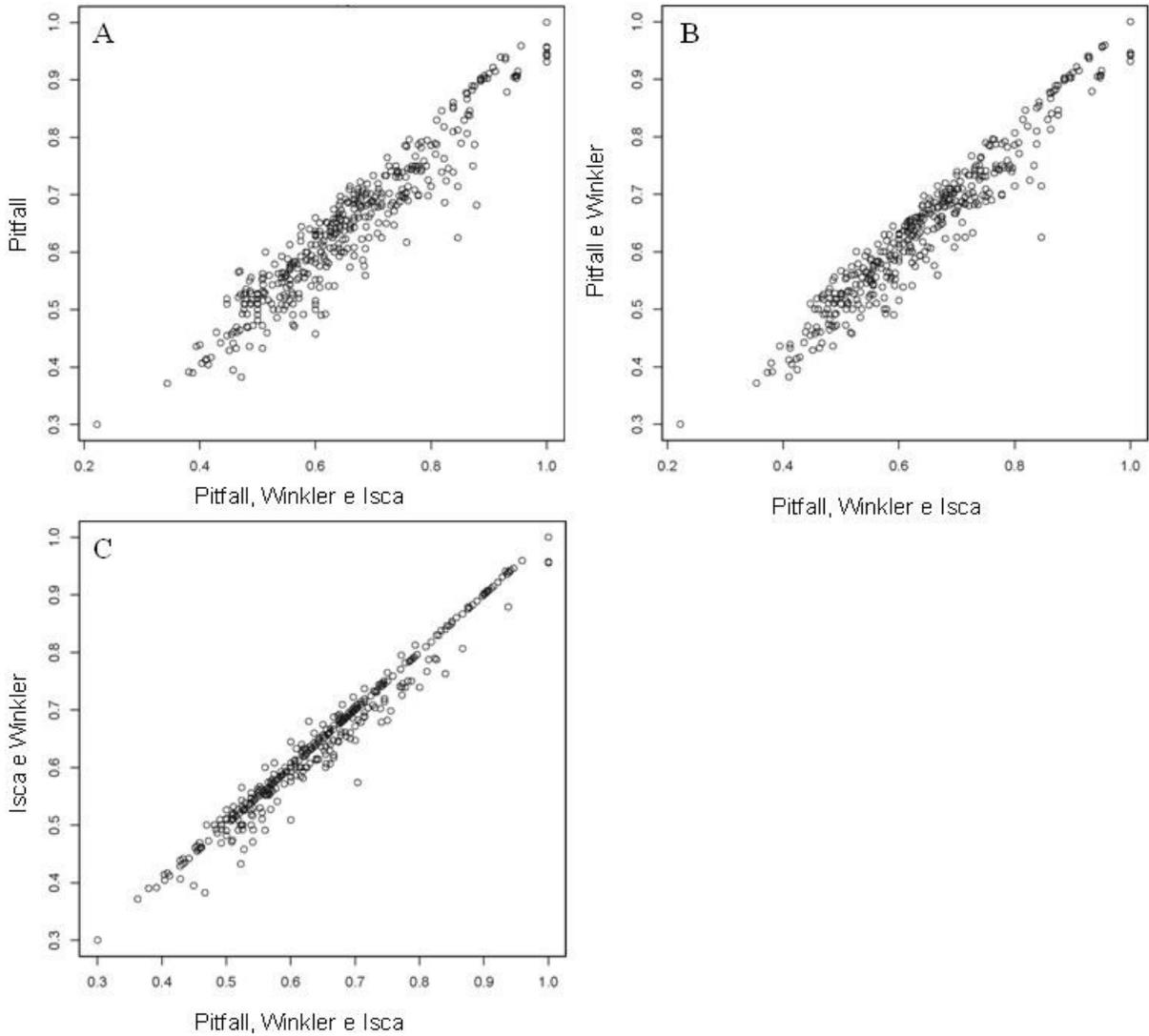


Figura 1.3. Correlações de Mantel entre as matrizes de similaridade baseadas em coletas com o Pitfall (A), a combinação de armadilha Pitfall e Winkler (B) e a combinação Isca e Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Viruá.

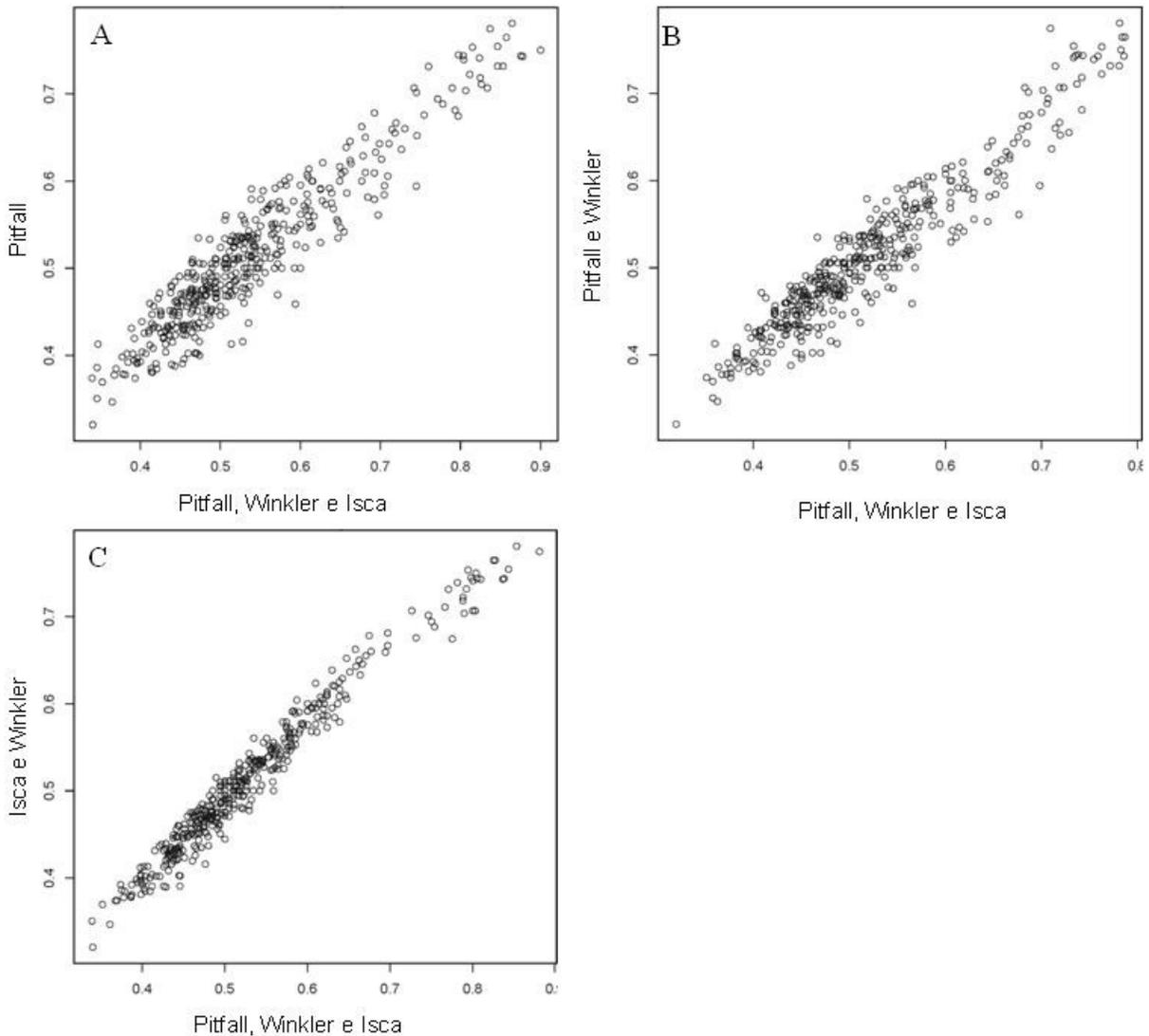


Figura 1.4. Correlações de Mantel realizadas com as espécies coletadas com armadilha pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação de isca com Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Maracá.

Na Ducke, a informação obtida com combinação de armadilha pitfall e Winkler foi altamente correlacionada, capturando as informações sobre a composição de espécies de formigas que foram detectadas com os três métodos (Tabela 1.2, Figura 1.5).

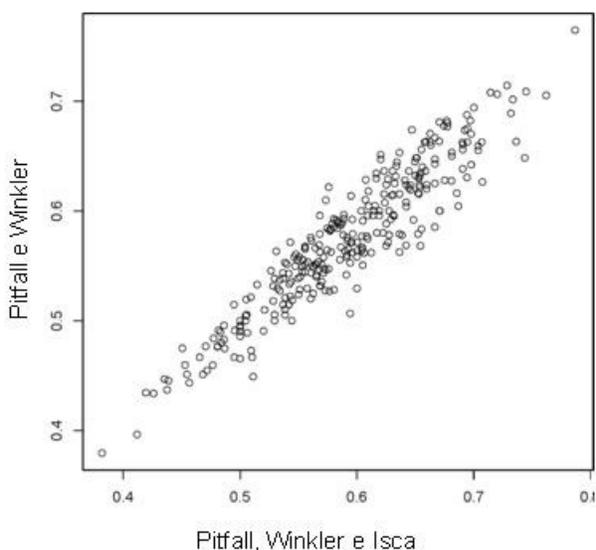


Figura 1.5. Correlações de Mantel entre a combinação de armadilha pitfall e Winkler comparada com os três métodos (isca, armadilha pitfall e Winkler) nas 30 parcelas na Ducke.

### **Custos financeiros e pessoas/horas necessários para processar o material coletado**

Os custos foram estimados em pessoa/hora necessários para processar o material coletado (coleta, triagem, identificação e montagem). Foi estimado o tempo de contribuição de cada pessoa no processamento do material coletado neste trabalho e relacionado aos custos para as agências de fomento (CNPq e FAPEAM) além dos custos para coletar o material nas três grades estudadas. Para efeito de comparação, o valor médio anual do dólar americano para o ano de 2007 foi de 1 US\$ = R\$ 1,95 (fonte: Banco Central do Brasil).

A equipe de coleta foi composta de um aluno de doutorado (R\$ 1.500/mês, 8 horas/dia, financiado pelo CNPq). O PPBio financiou três ajudantes de campo (R\$ 30/dia cada pessoa) a alimentação no campo (R\$ 15/dia para cada pessoa) e o combustível (R\$ 100/coleta).

A equipe para o processamento das amostras foi composta por um aluno de doutorado, dois de iniciação científica (R\$ 300/mês cada um, 4 horas/dia, financiados pelo CNPq e FAPEAM) e um bolsista de apoio técnico (R\$ 300/mês, 4 horas/dia, financiado pela FAPEAM). Foram avaliados os custos para a triagem e identificação das formigas em espécie/morfo-espécie

usando os três métodos de coleta nas três grades para o esforço máximo em termos do número de sub-amostras (10 sub-amostras por parcela, totalizando 2.650 sub-amostras; 50 sub-amostras do Winkler na Ducke foram excluídas das análises). Foram avaliados os custos para a triagem e identificação das formigas em espécie/morfo-espécie das três grades para o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela, totalizando 2.650 sub-amostras; 50 sub-amostras do Winkler na Ducke foram excluídas das análises).

Tabela 1.3. Custos (R\$), tempo de coleta e triagem para a identificação das 10 sub-amostras coletadas com os três métodos nas três áreas de estudo.

Itens de despesa	Tempo	Isca, Winker e Pitfall	Pitfall e Isca	Pitfall e Winkler	Winkler e Isca	Winkler*	Isca**	Pitfall***
Ajudantes (3)	20 dias	5.400	5.400	5.400	5.400	1.800	540	2.700
Combustível		100	100	100	100	100	100	100
Alimentação	20 dias	3.600	3.600	3.600	3.600	1.350	540	1.800
Armadilhas		6.350	200	6.300	6.200	6.150	50	150
Álcool		600	300	400	400	400	200	300
Microtubos		1.800	800	1.200	1.200	800	600	800
Doutorando	32 meses	48.000	27.000	30.000	27.000	22.500	13.500	22.500
Bolsista PIBIC (2)	12 meses	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	3.600	7.200
Bolsista Apoio Técnico	4 meses	1.200	1.800	3.600	1.800	1.800	0	1.800
<b>Total</b>		<b>74.250</b>	<b>46.400</b>	<b>57.800</b>	<b>52.900</b>	<b>42.100</b>	<b>19.130</b>	<b>37.350</b>

\* Nas coletas com o Winkler foi estimada a utilização de dois ajudantes de campo e uma coleta de 10 dias.

\*\* Nas coletas com Isca, foi estimada a utilização de um ajudante de campo e uma coleta de 6 dias.

\*\*\* Nas coletas com Pitfall foi estimada a utilização de três ajudantes de campo e uma coleta de 10 dias.

Dependendo da combinação de métodos, os custos financeiros do projeto oscilaram (Tabela 1.3; Apêndice II). Por exemplo, a combinação da armadilha pitfall e Winkler foi altamente correlacionada com o padrão detectado pelos três métodos na Ducke, em Viruá e em Maracá (acima de 0,93) (Tabela 1.2). Sendo assim, a utilização da combinação de pitfall e Winkler ao invés dos três métodos iria resultar numa economia de aproximadamente 22% dos custos do projeto.

## Discussão

O registro de espécies/morfoespécies tanto para os métodos de coleta, quanto para as combinações destes, seguiu um mesmo padrão, onde os maiores números ocorreram na Ducke, seguidos de Maracá e Viruá.

Por ser uma armadilha de queda, o pitfall coleta apenas as formigas em atividade na área. Devido a esta característica, alguns autores sugerem que a armadilha não proporciona uma amostra adequada da maioria das formigas de serrapilheira (Olson, 1991; Bestelmeyer *et al.*, 2000). Entretanto, neste estudo, nas três grades, a armadilha pitfall foi mais eficiente em capturar a diversidade de formigas da área que o Winkler e a isca, uma vez que capturou mais de 80% das espécies de formigas coletadas com os três métodos combinados. As armadilhas pitfall ficam em operação durante a noite, quando a umidade aumenta e este fator deve ter aumentado a sua eficiência. O Winkler representa uma coleta pontual, efetuada no período diurno, o que pode diminuir a sua eficiência. A baixa umidade pode ter afetado a eficiência do Winkler, principalmente em Maracá e Viruá, uma vez que as coletas foram feitas no período menos chuvoso em todas as grades. A menor eficiência do Winkler ficou mais evidente nas grades de Maracá e Viruá. De acordo com Parr & Chown (2001), em ambientes mais abertos, fragmentados, menos complexos e com camada variável de serrapilheira, como as savanas, há evidências de que as armadilhas pitfall são mais eficientes, reduzindo a utilidade do Winkler em coletar novas espécies; os autores indicam o pitfall como o método mais apropriado para savanas.

A complementaridade dos métodos de coleta foi registrada por outros autores (Olson, 1991; Delabie *et al.*, 2000), porém utilizando escala espacial inferior (aproximadamente 10.000 m<sup>2</sup> e 4 km<sup>2</sup> respectivamente) à do presente estudo (25 km<sup>2</sup>). O efeito de complementaridade entre armadilha de fosso e Winkler já foi registrado numa floresta primária da Amazônia Oriental (seis parcelas de 1 km<sup>2</sup> distribuídas em 33.000 ha), significando que ambos devem ser usados para a obtenção de um levantamento mais completo da riqueza de espécies (Souza *et al.*, 2007). Como as respostas das formigas são extremamente dependentes da escala (Andersen, 1997b), realizei

este estudo numa escala espacial suficiente para realizar inventários seguindo o método RAPELD, que contempla inventários rápidos (RAP) e projetos ecológicos de longa duração (PELD) (Magnusson *et al.* 2005). Verifiquei que a complementaridade entre os principais método de coleta de formigas (Winkler, armadilha pitfall e isca) é um forte fator metodológico a ser considerado, já que o efeito complementar esperado não se manteve mesmo usando uma escala espacial maior do que as utilizadas anteriormente e em três ambientes distintos. A redundância de métodos de coleta já foi reportada por Wang *et al.*(2001), onde eles verificaram que a isca é um sub-conjunto do Pitfall, sendo este mais eficiente na representatividade da comunidade de formiga de serrapilheira na área estudada. Neste caso, uma saída para reduzir o custo de um projeto seria a utilização de apenas um método ou combinações de métodos que fosse(m) capaz (es) de recuperar as informações sobre a composição de espécies de formigas que foram obtidas com os três métodos . Se um ou dois forem igualmente eficientes em capturar a diversidade de formigas da área, neste caso, pode-se optar pelo o que trará a melhor relação custo-benefício. A combinação de armadilha pitfall e Winkler foi eficiente para recuperar cerca de 93% das informações sobre a composição de espécies de formigas que seriam capturadas com os três métodos. A utilização destes dois métodos reduziria o custo inicial do esforço máximo do projeto (três métodos = R\$ 74.250) para R\$ 57.800, resultando numa economia de 23%. Alternativas poderiam ser consideradas, dependendo da logística de cada projeto. A armadilha pitfall poderia ser usada em Maracá e Viruá que são ambientes mais abertos e secos quando comparados com a reserva Ducke, resultando numa economia de mais de 49% em relação ao valor total do projeto.

Existem três limitantes inter-relacionados para amostragem da biodiversidade: custos monetários, investimento de tempo e a disponibilidade de especialistas (Gardner *et al.*, 2008). Este último requerimento talvez seja um dos principais empecilhos ao desenvolvimento da maioria dos projetos que visam à avaliação da biodiversidade. Segundo estimativas de Gardner *et al.* (2008), os vertebrados requerem proporcionalmente mais tempo de campo que de laboratório (87% e 13%, respectivamente) que invertebrados (68% e 32%, respectivamente). Portanto, o longo tempo que é investido na identificação de invertebrados no laboratório, não acompanha os resultados obtidos pelos especialistas em vertebrados. Isto tem causado a eliminação dos invertebrados muitos projetos, como é o caso do TEAM, que eliminou as formigas de seu protocolo em 2007.

Em projetos envolvendo invertebrados, o tempo gasto no laboratório corresponde à grande parte de todo o trabalho e qualquer medida que vise reduzir esse tempo, mas mantendo a qualidade das informações, é muito útil. Estimei a redução do tempo e dos custos em laboratório como uma consequência direta do número de métodos empregados na coleta. Baseado na experiência da equipe de invertebrados da CPEN/INPA (Moura, 2005; Santos, 2005; Souza 2005; Santos *et al.* 2008; Souza *et al.*, 2009a, b), a economia de tempo de triagem poderia ser em torno de 40% (Apêndice II). Entretanto, esta economia de 40% no campo poderá ser substancial em programas de larga escala espacial, principalmente se for levado em consideração as replicatas temporais, o custo-benefício dos projetos podem ser otimizado com a redução do esforço amostral.

Ferraro *et al.* (2006) sugerem que deve ser reafirmada a noção de que os protocolos de coleta efetivos devem ser determinados por precedentes verdadeiros e não por simples convenção, como aqueles protocolos normalmente estabelecidos em uma instituição, pelo conhecimento tradicional, por padronizações e mesmo por precedentes mal sucedidos. Em grandes projetos de longa duração, as consequências negativas de protocolos convencionais podem ser enormes. Os resultados deste trabalho indicam o potencial para reduzir consideravelmente os custos dos protocolos de formigas através da redução do número de métodos de coleta. Várias opções para o estabelecimento de um protocolo podem ser adotadas, dependendo dos recursos logísticos da região sendo inventariada. A partir deste precedente que avalei nas três áreas de reserva situadas no Amazonas e em Roraima, supus que este potencial pode ser aplicado em outros ambientes similares aos que foram inventariados.

## **Capítulo 2: Eficiência de três métodos de coleta e redução de sub-amostras no inventário de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em três reservas florestais na Amazônia Brasileira.**

### **Introdução**

O estudo da biodiversidade está se tornando uma grande empresa de investigação. A base de dados é, mais do que nunca, cumulativa, utilizando análises mais ambiciosas e o envolvimento de muitas pessoas (Purvis & Heitor, 2000) e escalas temporais (Lacroix & Abbadie, 1998). Porém, o propósito de inventário e estudos de acompanhamento é de apoio à gestão ambiental melhorada (Evans *et al.*, 2001). As formigas podem prover informações valiosas para o monitoramento da biodiversidade uma vez que têm sido usadas na avaliação de ações de manejo como desmatamentos, transformações de áreas para a agropecuária, avaliação dos impactos de incêndios florestais e mudanças de longo termo, como fragmentação de habitats e impactos das mudanças do clima. Portanto, o mérito do uso das formigas em monitoramento é embasado em suas qualidades ecológicas inerentes (como respostas a influência das variáveis ambientais), independente de qualquer atributo como “indicadores” que elas possam ter (Underwood & Fisher, 2006).

Em longo prazo, o inventário intensivo, envolvendo muitas amostras em diversos locais e em um território extenso é muitas vezes impossível para grupos mega diversos devido a limitações de tempo e dinheiro (Jiménez-Valverde & Lobo, 2006). O número de cientistas-hora necessários para processar as sub-amostras aumenta dramaticamente com a redução do tamanho corpo do taxon (Lawton *et al.*, 1998), e isto se aplica às formigas na Amazônia. Associados ao tamanho da escala de observação e ao desafio taxonômico, a abundância das formigas pode chegar a várias centenas de indivíduos por metro quadrado (Hölldobler & Wilson, 1990). No solo de uma floresta amazônica de terra firme, as formigas podem atingir cerca de 10% (~ 600 ind./m<sup>2</sup>) da abundância total de artrópodes (Adis & Schubart, 1984).

Numerosas técnicas de coleta de formigas são disponíveis, representando uma grande variedade de custos financeiros para sua aplicação (Bestelmeyer *et al.*, 2000). Várias estratégias têm sido propostas para reduzir tempo e os custos para os grupos mega diversos, tais como a identificação de um táxon cuja diversidade está correlacionada com a dos outros, o uso de inventários de morfoespécies gerados por não-especialistas (Oliver & Beattie, 1993; Longino,

1994; Oliver & Beattie, 1996 a; Longino & Cowell, 1997), a seleção de espécies maiores e o uso de matrizes de presença e ausência (Andersen *et al.* 2002). A redução do esforço que é normalmente aplicada nos inventários intensivos é de importância crucial, e o maior desafio é levar a cabo esta redução e ainda capturar os padrões ecológicos associados às variáveis ambientais.

O Programa de Pesquisa da Biodiversidade (PPBio) no qual este estudo se insere, efetua inventários rápidos de biodiversidade para a escolha de grupos alvo, para gerar conhecimento local, através da capacitação de pesquisadores e técnicos (parataxônomos) locais que continuem a efetuar levantamentos de biodiversidade de longa duração. Desse modo, o protocolo a ser estabelecido para cada grupo deverá ser o mais simples e eficiente possível, de maneira a treinar e aumentar o número de pessoas que possam utilizá-lo. Levantamentos de biodiversidade como os do PPBio tendem a abranger uma escala espacial grande, para que seja possível responder perguntas em escala regional, e que possam atender ao monitoramento de grandes áreas, como as reservas ecológicas.

Utilizando as espécies de formigas obtidas com isca de sardinha, armadilha Pitfall e extrator de Winkler em três áreas de 25 km<sup>2</sup> de reservas amazônicas com diferentes fisionomias florestais, visamos identificar protocolos de amostragem eficientes e rentáveis para os grandes levantamentos biológicos. A estratégia adotada foi avaliar a redução do esforço de coleta, triagem e identificação das formigas pela diminuição do número de sub-amostras por parcela (rarefação), considerando a parcela a unidade de replicação. Conseqüentemente, visamos também testar a eficiência de cada método ou da combinação de dois métodos em recuperar as informações sobre a comunidade de formigas detectada pelos três métodos, utilizando o esforço considerado máximo e os esforços reduzidos.

## **Material e Métodos**

### **Análise de dados**

Cinqüenta sub-amostras de Winkler (5 parcelas) da Ducke foram excluídas das análises devido a problemas causados durante o transporte das sub-amostras para o laboratório. Todas as

análises subseqüentes para a Ducke foram baseadas nos resultados de 30 parcelas para as iscas e armadilhas pitfall e 25 parcelas para o Winkler. As análises foram feitas com base na casta de operárias, visto que as operárias indicam estabelecimento de colônia (Longino *et al.*, 2002). Foram empregados dados de incidência (presença/ausência) devido ao comportamento destes insetos sociais, que usualmente empregam forrageio em massa e a distribuição dos ninhos na serrapilheira (Hölldobler & Wilson, 1990; Levings & Franks, 1982; Brühl *et al.*, 2003).

### **Redução do esforço em número de sub-amostras por rarefação**

Para testar a possibilidade de reduzir o número de sub-amostras por parcela mantendo informações sobre a comunidade de Formicidae coletada com os três métodos juntos, foi comparada a similaridade entre parcelas baseado na composição de espécies para cada método estudado para saber o quanto as comunidades coletadas seriam semelhantes. Utilizando a correlação de Mantel ( $r_M$ ) foram determinadas as correlações entre as matrizes lineares de similaridade do esforço amostral máximo (10 sub-amostras por parcela) e os demais níveis de rarefação (9 até 1 sub-amostra por parcela). Cada comparação entre os níveis de redução de esforço foi realizada dez vezes para evitar valores discrepantes. Os 10 valores para cada número de sub-amostras foram obtidos pela seleção randômica com reposição da sub-amostra pra compor a amostra. Os valores da correlação de Mantel variam entre  $-1$  e  $+1$  (Chust *et al.* 2003). Valores próximos de  $+1$  ou  $-1$  indica que as duas amostras comparadas carregam a mesma informação em relação às similaridades entre as parcelas. Relações negativas podem ser convertidas em relações positivas por o uso do complemento do índice em uma das matrizes. Valores próximos de zero indicam amostras pouco similares. Com os valores obtidos pelo teste de correlação de Mantel para cada rarefação foram montados os gráficos da similaridade entre parcelas para cada método. Considerei aceitável uma perda de informação de até 30%, sendo assim, considere os valores iguais ou maiores a 0,7 como contendo um nível de informação suficiente.

## **A eficiência dos métodos: comparação das comunidades de formigas coletadas entre os métodos e suas combinações**

Defino aqui a eficiência como a capacidade de um ou dois métodos em recuperar as informações sobre a comunidade de formigas que seria captada pela utilização dos três métodos. Para isto, foi utilizada a correlação de Mantel. Foram analisadas as parcelas de cada grade, e depois foram construídos gráficos utilizando a dissimilaridade entre as comparações dos três métodos com os métodos e suas combinações.

Considerarei significativos os resultados de  $r^2 \geq 0,3$  e  $p \leq 0,05$ . Os testes de Mantel e as regressões múltiplas multivariadas foram feitos no pacote estatístico “R” (R Development Core Team, 2008) e os diagramas de ordenação e os gráficos de similaridade pelo SYSTAT 12.0.

### **Custos financeiros**

Os custos foram estimados em pessoas necessárias para processar o material coletado (coleta, triagem, identificação e montagem). Foi estimado o tempo de contribuição de cada uma no processamento do material coletado neste trabalho e relacionado aos custos para as agências de fomento (CNPq e FAPEAM) além dos custos para coletar o material nas três grades estudadas.

Os cálculos para a redução do tempo foram baseados em dados reais, já que cada armadilha foi processada em sua totalidade e o tempo gasto foi computado. O tempo gasto para a redução de esforço foi estimado baseado em trabalhos anteriores (Santos *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2009 a, b).

## Resultados

### Redução do número de sub-amostras por parcela (rarefação)

Considerando como aceitáveis correlações iguais ou acima de 0,7 e as três reservas inventariadas, as parcelas poderiam ser amostradas com seis sub-amostras ou menos (Figura 2.1), reduzindo o esforço amostral em 40%. Porém, reduções ainda maiores poderiam ser consideradas para Maracá e Ducke, cujos valores de Mantel obtidos para as comunidades amostradas por três e cinco sub-amostras, respectivamente, foram acima de 0,7. Porém, para os cálculos dos custos financeiros do projeto considereirei a redução do esforço para seis amostras por parcela, uma vez que o protocolo em questão deveria atender às todas as áreas inventariadas.

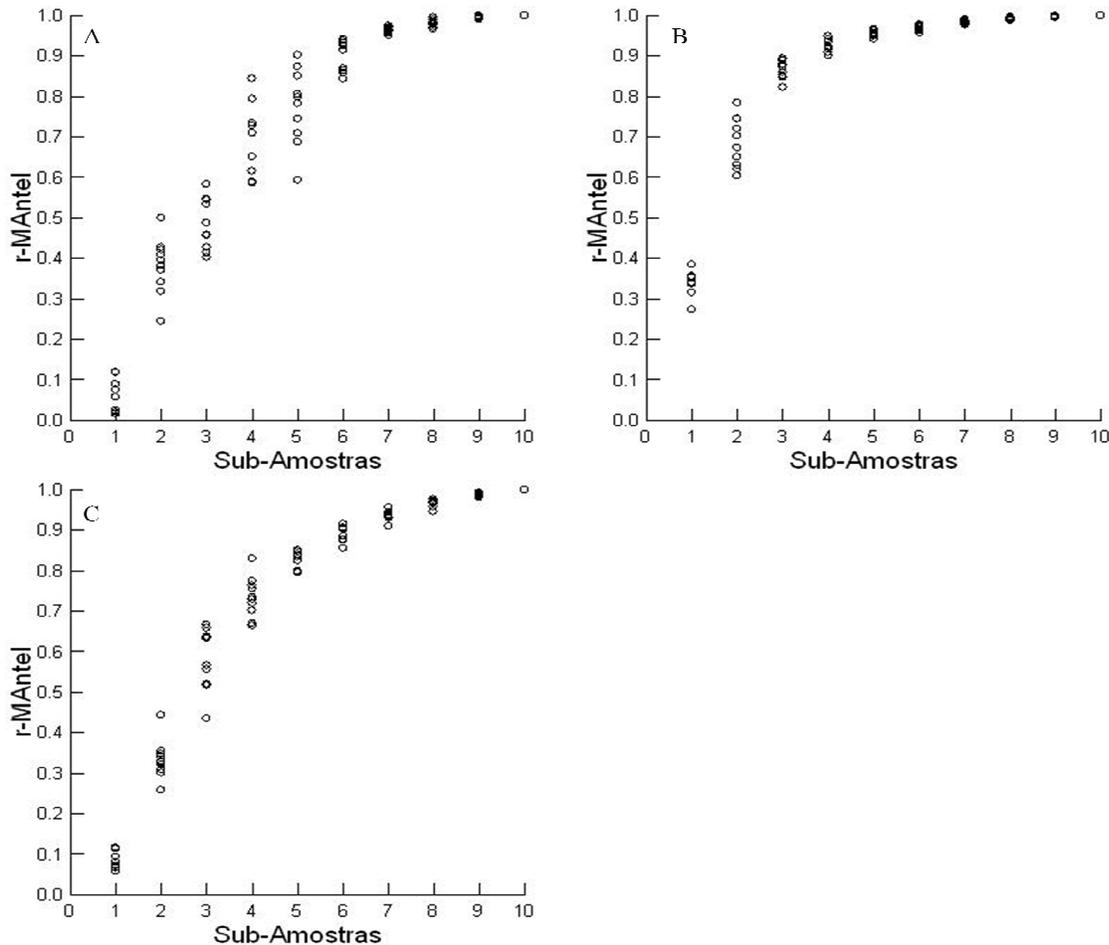


Figura 2.1. Correlações de Mantel entre o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e os esforços reduzidos, utilizando as comunidades de formigas baseada em espécies obtidas por três métodos de coleta em Viruá (A), em Maracá (B) e na Ducke (C).

## A eficiência do(s) método(s): comparação das comunidades de formigas coletadas entre os métodos e suas combinações

No primeiro capítulo identifiquei a possibilidade de reduzir o esforço amostral utilizando um número reduzido de métodos no campo. Nas três áreas, a combinação de armadilha pitfall e Winkler foi capaz de recuperar o padrão da comunidade de formigas que foi capturado por três métodos. Nas áreas de Maracá e de Viruá a armadilha pitfall sozinha e a combinação isca e armadilha pitfall também representariam bem o padrão capturado por três métodos.

Outra opção para redução de esforço seria reduzir o tempo de triagem e identificação no laboratório, por meio da redução do número de sub-amostras, aplicado sobre um método ou a combinação de dois métodos que melhor representasse(m) as informações sobre a composição de espécies de formigas detectadas por três métodos. Para testar esta possibilidade, eu comparei as matrizes de similaridade baseadas em cada método e suas combinações, para a comunidade baseada em 6 sub-amostras.

Tabela 2.1. Valores da similaridade de Mantel entre o(s) método(s) e suas combinações, comparados com as informações sobre a composição de espécies de formigas detectadas por três métodos (isca de sardinha, armadilha Pitfall e extrator de Winkler) em cada área, utilizando 6 sub-amostras por parcela. Em negrito as correlações mais fortes.

Métodos	Viruá		Maracá		Ducke	
	r2	p	r2	p	r2	p
Isca	0,457	< 0,001	0,153	0,04	0,227	< 0,001
Pitfall	<b>0,949</b>	< 0,001	<b>0,924</b>	< 0,001	0,509	< 0,001
Winkler	0,254	0,014	0,133	0,122	0,466	< 0,001
Pitfall e Winkler	<b>0,968</b>	< 0,001	<b>0,948</b>	< 0,001	<b>0,913</b>	< 0,001
Isca e Winkler	0,483	< 0,001	0,241	0,004	0,629	< 0,001
Isca e Pitfall	<b>0,987</b>	< 0,001	<b>0,965</b>	< 0,001	0,658	< 0,001

Tanto em Viruá (Tabela 2.1, Figura 2.2A, B e C) quanto em Maracá (Tabela 2.1, Figura 2.3A, B e C), as informações obtidas com a armadilha pitfall isolada, a combinação da armadilha pitfall com o Winkler e a combinação da isca e com a armadilha pitfall foram altamente

correlacionadas às informações sobre a composição de espécies de formigas que foram detectadas pelos três métodos.

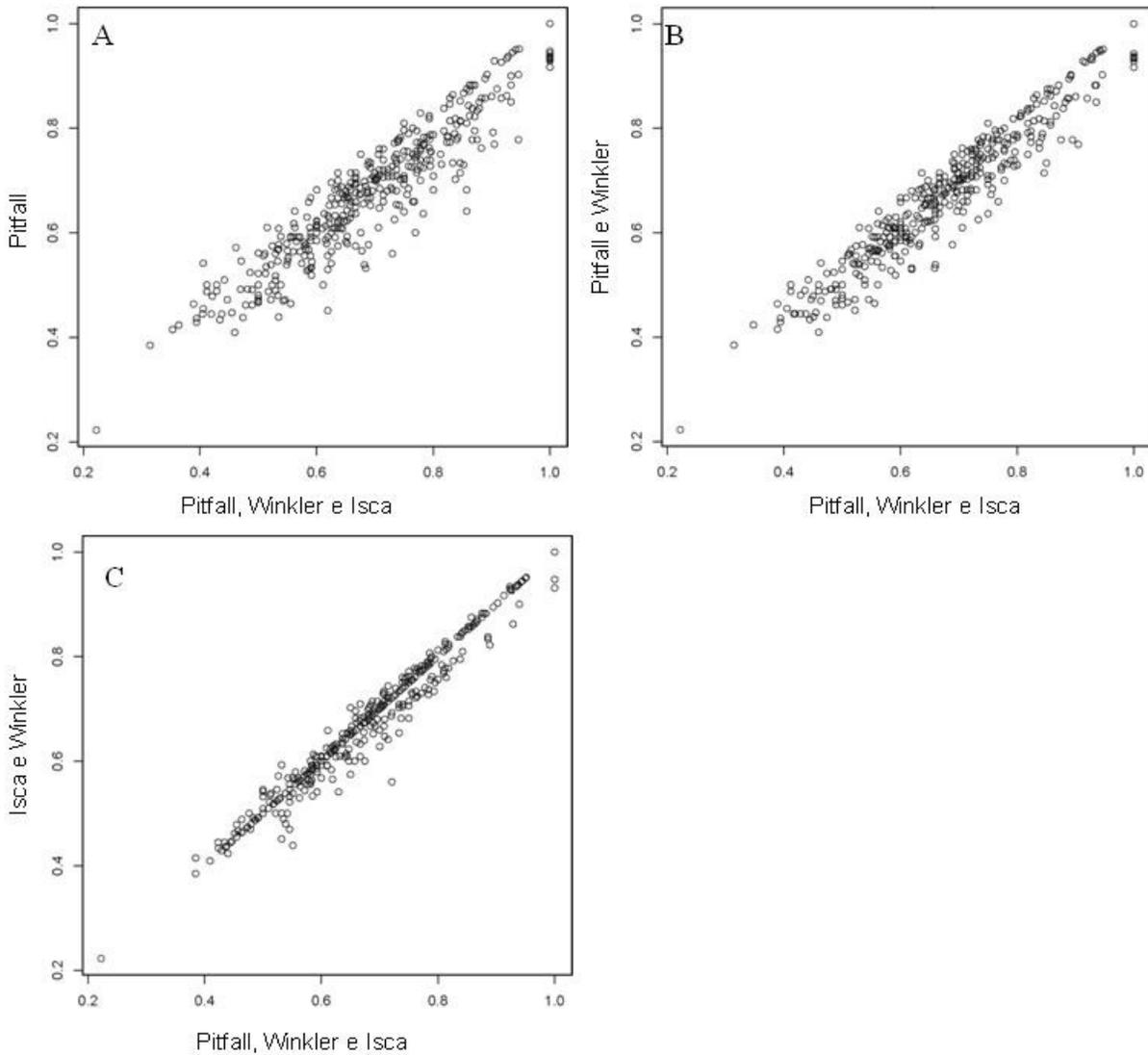


Figura 2.2. Correlações de Mantel entre as comunidades de formigas coletadas com armadilha pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação de isca com Winkler (C) comparada com os três métodos, utilizando 6 sub-amostras por parcela, nas 30 parcelas em Viruá.

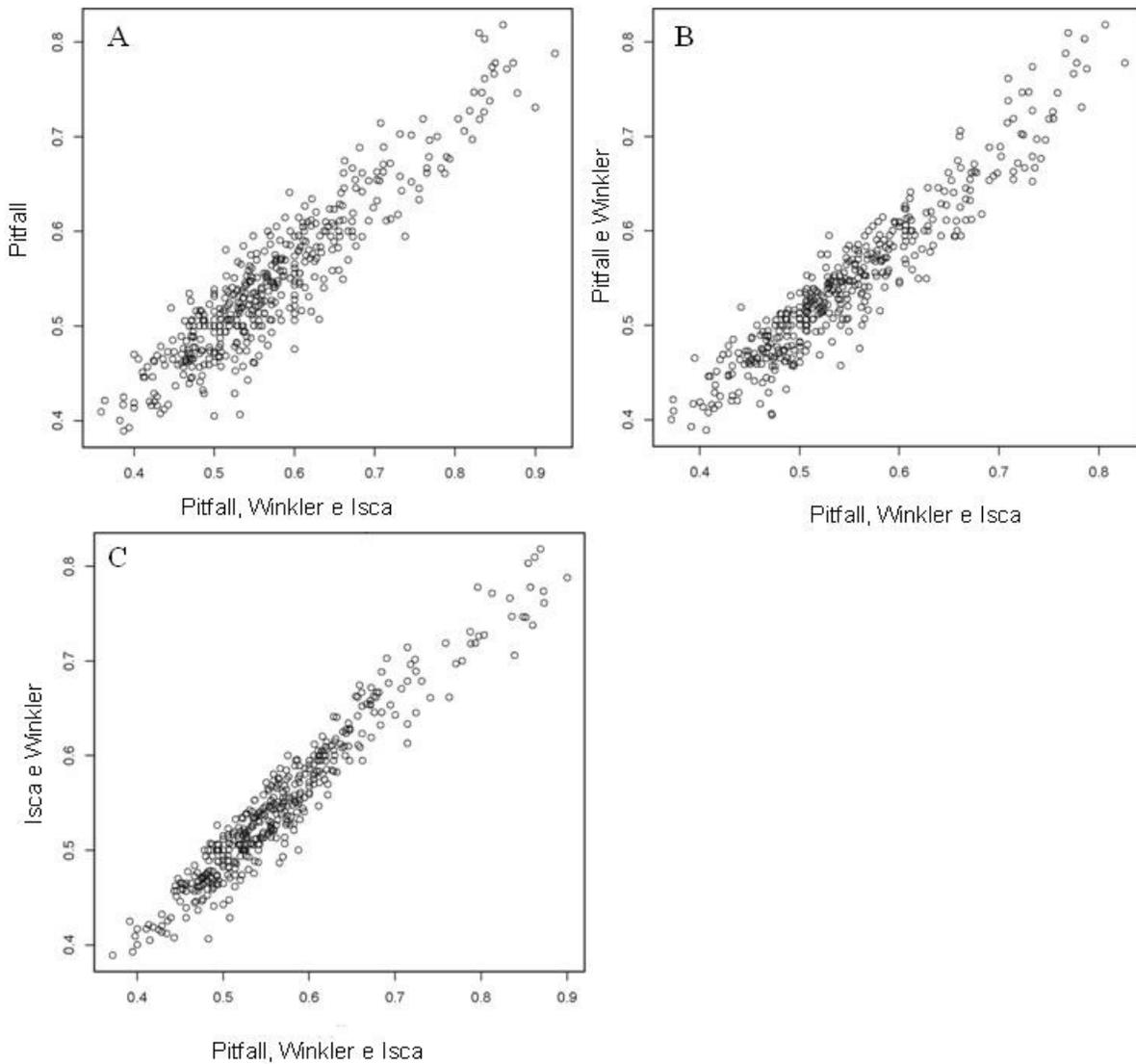


Figura 2.3. Correlações de Mantel entre as comunidades de formigas coletadas com o Pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação isca e Winkler (C) comparada com os três métodos, utilizando 6 sub-amostras por parcela, nas 30 parcelas em Maracá.

Na Duce, os valores das correlações foram altos com a combinação da armadilha pitfall com o Winkler, capturando grande parte das informações (>90%) sobre a composição de espécies de formigas que foram detectadas com os três métodos (Tabela 2.1, Figura 2.4).

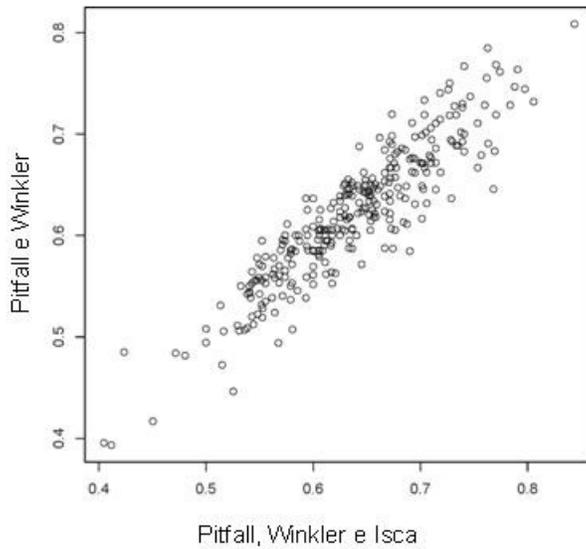


Figura 2.4. Correlações de Mantel entre a combinação de armadilha pitfall e Winkler comparada com as informações sobre a composição de espécies de formigas detectadas por três métodos em cada área, utilizando 6 sub-amostras por parcela, nas 30 parcelas na Ducke.

Nos resultados citados para as três reservas, um ou dois métodos pode(m) ser excluído(s) do protocolo, uma vez que a comunidade capturada por estes representou uma pequena porcentagem em relação ao(s) outro(s). Tanto a redução do número de sub-amostras como do número de métodos de coleta e sua combinação afetam pouco o registro de espécies nas três áreas estudadas (Figura 2.5).

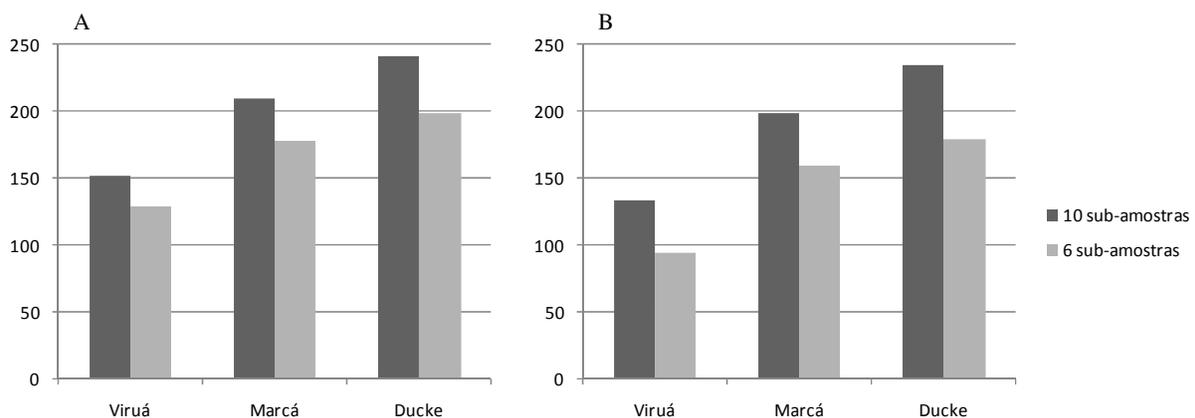


Figura 2.5. Número de espécies/morfoespécies coletadas nas três áreas estudadas utilizando esforço máximo (10 sub-amostras) e reduzido (6 sub-amostras) com os três métodos de coleta (A) e a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B).

## **Custos financeiros e pessoas necessárias para amostrar, processar e identificar o material coletado**

A equipe de coleta foi composta de um aluno de doutorado (R\$ 1.500/mês, 8 horas/dia, financiado pelo CNPq), e três ajudantes de campo (R\$ 30/dia cada um, financiados pelo PPBio). A alimentação no campo (R\$ 15/dia para cada pessoa) e o combustível (R\$ 100/coleta) foram financiados pelo PPBio.

A equipe para o processamento das amostras foi composta por um aluno de doutorado, dois de iniciação científica (R\$ 300/mês cada um, 4 horas/dia, financiados pelo CNPq e FAPEAM) e um de apoio técnico (R\$ 300/mês, 4 horas/dia, financiado pela FAPEAM). Foram avaliados os custos para a triagem e identificação das formigas em espécie/morfo-espécie usando os três métodos de coleta nas três grades para o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela, totalizando 2650 sub-amostras; 50 sub-amostras do Winkler na Ducke foram excluídas das análises). Este esforço máximo foi comparado com o esforço reduzido de seis sub-amostras por parcela (180 sub-amostras por método em cada área, totalizando 1620 sub-amostras) (Tabela 2.2; Figura 2.6).

Tabela 2.2. Custos (R\$) para a coleta, triagem e identificação em espécie das amostras com o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela) utilizando os três métodos (isca de sardinha, armadilha Pitfall e extrator de Winkler) nas três reservas.

Itens	Custo unitário (R\$)	10 sub-amostras	6 sub-amostras
Ajudantes (3)	30	5.400	5400
Combustível		100	100
Alimentação	15	3.600	3.600
Armadilhas		6.350	3.810
Álcool		600	480
Microtubos		1.800	1.080
Doutorando	1.500	48.000	24.000
Estudantes PIBIC (2)	300	7.200	3.600
Bolsista apoio técnico	300	1.200	600
Total		74.250	42.670

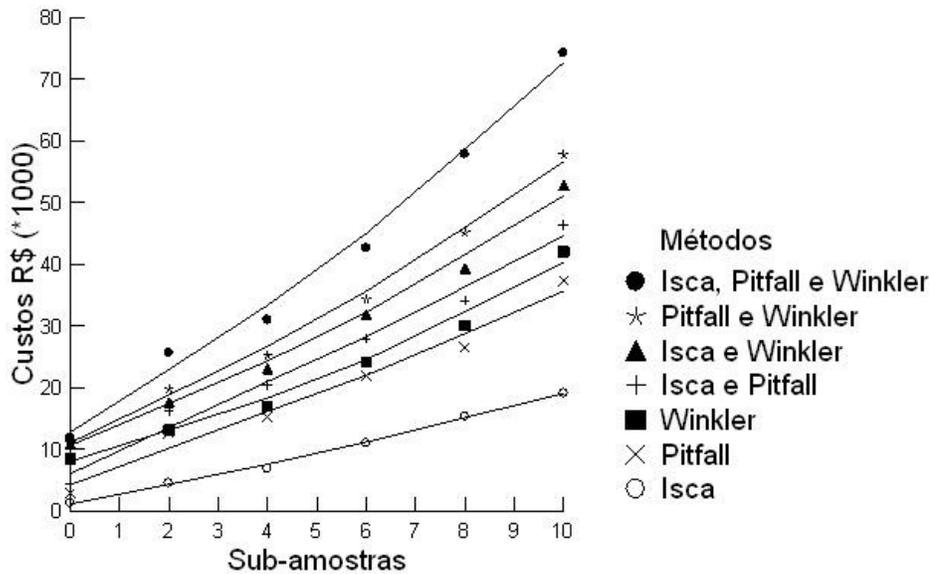


Figura 2.6. Custo para coletar, processar e identificar as formigas amostradas com os três métodos e suas combinações por sub-amostras.

Dependendo do método ou da combinação de métodos e do número de sub-amostras por parcela, os custos financeiros do projeto também oscilariam (Apêndices II e III). Por exemplo, a combinação da armadilha pitfall e Winkler foi altamente correlacionada com o padrão detectado pelos três métodos na Ducke, em Viruá e em Maracá. Nas três áreas, os valores de Mantel obtidos não foram menores que 0,93 e 0,90 quando foram utilizadas 10 e 6 sub-amostras por parcela, respectivamente. Sendo assim, o custo de R\$ 74.250 efetuado com o esforço máximo (Tabela 2.2), poderia ser reduzido para R\$ 57.800 (aproximadamente 22%) se fosse utilizado apenas à combinação de armadilha pitfall com o Winkler (Tabela 2.3). Adicionado à redução do número de sub-amostras por parcelas para seis, a economia do projeto poderia chegar 53% em relação ao valor total efetuado com o esforço máximo (Tabela 2.3). Conseqüentemente, o tempo de triagem do esforço máximo (32 meses) poderia ser reduzido para apenas 10 meses (Tabela 2.4).

Tabela 2.3. Custos (R\$) para a coleta, triagem e identificação das amostras com o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela) utilizando a combinação de armadilha pitfall e Winkler nas três áreas estudadas.

Itens	Custo unitário		
	R\$	10 sub-amostras	6 sub-amostras
Ajudantes (3)	30	5.400	5.400
Combustível		100	100
Alimentação	15	3.600	3.600
Armadilhas		6.300	3.840
Álcool		400	240
Microtubos		1.200	720
Doutorando	1.500	30.000	15.000
Estudantes PIBIC (2)	300	7.200	3.600
Bolsista apoio técnico	300	3.600	1.800
<b>Total</b>		<b>57.800</b>	<b>34.300</b>

Tabela 2.4. Tempo gasto para coletar, triar e identificar o material coletado nas três áreas, por métodos e suas combinações, utilizando o esforço máximo (10 sub-amostras) e reduzido (6 sub-amostras) em cada parcela.

Métodos	Tempo (meses)	
	10 sub-amostras	6 sub amostras
Isca, Pitfall e Winkler	32	16
Pitfall e Winkler	20	10
Isca e Winkler	18	9
Isca e Pitfall	18	9
Winkler	15	8
Pitfall	15	8
Isca	9	5

## Discussão

A forte correlação da dissimilaridade das comunidades de formigas entre o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela), indica que a comunidade de espécies de formigas continuaria sendo bem amostrada mesmo com a redução do esforço amostral. Estudos preliminares (Moura, 2005; Souza, 2005; Souza *et al.*,

2009a, b) em uma floresta ombrófila densa da Amazônia Oriental já indicavam esta possibilidade. Verifiquei que mesmo com a redução do número de espécies, a composição de formigas continuará sendo bem amostrada com esforço reduzido, mantendo 70% ou mais da similaridade em comparação ao esforço máximo.

Mesmo com o esforço reduzido para seis sub-amostras por parcela, a combinação de armadilha pitfall e Winkler foi capaz de recuperar cerca de 90% as informações sobre a composição de espécies de formigas nas três áreas que estudei. Outras combinações poderiam ser consideradas, dependendo da logística de cada projeto. A armadilha pitfall poderia ser utilizada nas áreas de Maracá e de Viruá, uma vez que foi eficiente em recuperar o padrão da comunidade (cerca de 0,92 e 0,96 respectivamente). Nas três áreas, os demais métodos ou suas combinações poderiam ser excluídos por representarem menos de 66% do padrão detectado com os três métodos nas três áreas. De acordo com Delabie *et al.* (2000), a escolha do método a ser usado e o número de amostras a serem coletadas é dependente de qual proporção da fauna pretende-se inventariar. Em uma plantação de cacau de 1 ha, os mesmos sugerem que o Winkler foi o método mais eficiente para inventariar formigas de serrapilheira, acompanhado da armadilha pitfall. O extrator de Winkler tem se mostrado superior em áreas de floresta densa e com camada de serrapilheira mais úmida e abundante quando comparadas com ambientes mais secos (Olson, 1991; Fisher, 1999; King & Porter, 2005). Por outro lado, na escala amostral que utilizei de 25 km<sup>2</sup> (= 2500 ha) em cada área, o Winkler representou apenas 46% (na Ducke), 13% (em Maracá) e 25% (em Viruá) do padrão capturado pelos três métodos.

Em muitos casos, principalmente em áreas mais remotas, a logística é precária, os recursos financeiros são escassos e o tempo para obter uma resposta para uma questão de importância imediata é reduzido, como no caso de aberturas de grandes rodovias que abrirão caminho para florestas ainda pouco exploradas e em conflito. Uma alternativa plausível para tais situações, é lançar mão de poucos métodos de coleta e da possibilidade de reduzir o volume de material coletado com menor número de sub-amostras. Coincidindo com os nossos resultados, em ambiente mais seco como o das savanas africanas, a armadilha pitfall foi mais consistente e eficiente que o Winkler na coleta de formigas epigêicas (Parr & Chown, 2001). Onde houvesse limitações, os autores apontaram a armadilha pitfall como o método a ser utilizado para a coleta de formigas nestes ambientes. Por outro lado, Vasconcelos & Vilhena (2006), utilizando iscas de

sardinha, apesar de concluírem que estudos envolvendo vários tipos de armadilhas são necessários para obter um quadro mais completo da comunidade de formigas, observaram fortes diferenças entre a fauna forrageando no solo e na vegetação baixa em floresta e savana de Alter do Chão, na Amazônia Oriental (Pará).

Em conclusão, mostramos um precedente forte mostrando que tanto a redução do número de sub-amostras quanto do número de métodos de coleta de não afetaram a capacidade de detectar a composição de formigas nas três áreas e comprovando que inventários podem ser efetuados com custos razoáveis.

### **Capítulo 3: Eficiência de três métodos de coleta e redução de sub-amostras no inventário de gêneros de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em três reservas florestais na Amazônia Brasileira.**

#### **Introdução**

Um dos problemas que os conservacionistas enfrentam é como identificar, de maneira rápida e com baixos custos, áreas para conservação (Willians & Gaston, 1994). Devido ao tempo e recursos financeiros escassos, além da falta de literatura taxonômica e de especialistas, o mapeamento da diversidade em grandes escalas é impraticável e com frequência impossível, se for usada a identificação de táxons até o nível de espécie (Olsgard *et al.* 2003). Em levantamentos rápidos da diversidade, os pesquisadores estão interessados em grupos alvo ou substitutos (“surrogates”, em inglês), capazes de fornecer respostas satisfatórias em pouco espaço de tempo. O termo “surrogate” é definido como quantidades que se correlacionam fortemente com o número de espécies, porém são mais fáceis e mais rapidamente identificados que as espécies (Olsgard *et al.*, 2003). Aliado a isto, e facilidade também pode ser resultante do menor número de táxons que estes grupos possuem (Moreno *et al.*, 2007).

As formigas têm aparecido de maneira proeminente nestas análises de táxons substitutos (Andersen, 1995b; Oliver & Beattie, 1996b), devido à alta diversidade (Rosenberg *et al.*, 1986; Agosti *et al.*, 2000, Andersen & Majer, 2004), taxonomia relativamente bem resolvida e de facilidade de identificação (Holdobler & Wilson, 1990; Lawton *et al.*, 1998), a facilidade na coleta, as colônias são relativamente estacionárias e possuem funções ecológicas importantes no ecossistema (Hoffmann & Andersen 2003). As colônias estacionárias podem ser coletadas repetidamente em estudos de monitoramento de longo prazo (Kaspari & Majer, 2000). Portanto, o conhecimento da diversidade numa área pode fornecer muita informação para os planos de conservação.

Porém, no estudo dos invertebrados, em particular das formigas da serrapilheira, deve-se levar em consideração o nível de classificação taxonômica, uma vez que existem poucos especialistas, principalmente na região amazônica. Para superar este impedimento, muitos autores recomendam: (1) o uso de morfoespécies como substitutos de espécies (Oliver & Beattie,

1993, 1996a, 1996b, Beattie & Oliver, 1994, Longino & Cowell, 1997), apesar de esta alternativa gerar um elevado número de morfotipo não comparáveis entre áreas (Oliver *et al.*, 2000); (2) o uso de níveis taxonômicos superiores, como gênero e família, como substitutos de espécies (Pik *et al.*, 1999; Gardner *et al.*, 2008; Moreno *et al.* 2008). Por exemplo, na Austrália, Pik *et al.* (1999) encontraram alta correlação entre riqueza de espécies e riqueza de gêneros em plantações de eucaliptos e Andersen (1995b) mostrou que esta correlação é forte e linear para formigas em florestas. No sul do Brasil, a recuperação da comunidade de gêneros foi usada para investigar a taxa de recuperação em uma sucessão de floresta secundária na floresta atlântica; 3) o uso de gêneros ricos em espécies como substitutos diversidade de formigas, que pode ser mais útil que a riqueza de gêneros (Andersen, 1995b).

A diversidade de táxons substitutos se correlaciona fortemente com o número de espécies em escala global, continental (Gaston & Williams, 1993; Williams & Gaston, 1994) e local (Andersen, 1995b; Balmford *et al.*, 1996). Contudo, existe a necessidade de padronização das técnicas de inventários, uma vez que ainda não existe um consenso sobre o uso de táxons (Reyers *et al.*, 2000).

Neste trabalho, estamos seguindo o conceito de táxon substituto como um atalho para descrever padrões ao nível de comunidades de gêneros formigas coletadas por isca de sardinha, armadilha tipo Pitfall e extrator de Winkler em três áreas de 25 km<sup>2</sup> de reservas amazônicas com diferentes fisionomias florestais. Propomos investigar o quanto estes sistemas - onde muitas espécies de formigas ainda precisam ser descritas - podem ser estudados ao nível de comunidade usando os gêneros como substitutos de espécies. A estratégia adotada será avaliar a redução do esforço de coleta, triagem e identificação de gêneros de formigas pela diminuição do número de sub-amostras por parcela (rarefação), considerando a parcela a unidade de replicação. Conseqüentemente, visamos também testar a eficiência de cada método ou da combinação de dois métodos em recuperar as informações sobre a comunidade de formigas detectada por três métodos, utilizando o esforço considerado máximo e os esforços reduzidos. Com estas respostas, poderemos detectar as conseqüências da perda das informações sobre a composição de gêneros de formigas e os méritos da redução dos custos financeiros e no tempo de coleta, triagem e identificação das formigas do protocolo de coleta padrão para as áreas do programa PPBio.

## **Material e Métodos**

### **Análise de dados**

Cinquenta sub-amostras de Winkler (5 parcelas) da Ducke foram excluídas das análises devido a problemas causados durante o transporte das sub-amostras para o laboratório. Todas as análises subsequentes para a Ducke foram baseadas nos resultados de 30 parcelas para as iscas e armadilhas pitfall e 25 parcelas para o Winkler. As análises foram feitas com base na casta de operárias, visto que as operárias indicam estabelecimento de colônia (Longino *et al.*, 2002). Foram empregados dados de incidência (presença/ausência) devido ao comportamento destes insetos sociais, que usualmente empregam forrageio em massa e a distribuição dos ninhos na serrapilheira (Hölldobler & Wilson, 1990; Levings & Franks, 1982; Brühl *et al.*, 2003).

### **Complementaridade dos métodos**

Para detectar se os métodos são complementares, foi comparada a similaridade entre as comunidades coletadas, baseadas na composição de gêneros em cada método utilizado. A composição qualitativa da comunidade de formigas foi reduzida a poucas dimensões com a técnica de Análise de Coordenadas Principais (PCoA), aplicada sobre uma matriz de associação calculada com o índice de Sørensen para dados qualitativos.

Foi utilizada a MANOVA para testar se os métodos estavam coletando comunidades distintas em cada área. A significância do teste foi verificada com a ANOVA em cada um dos dois eixos testados.

### **Redução de esforço (rarefação)**

Para testar a possibilidade de reduzir o número de sub-amostras por parcela mantendo informações sobre a comunidade de gêneros de Formicidae coletada com os três métodos, foi comparada a similaridade entre parcelas baseado na composição de gêneros para cada método.

Utilizando a correlação de Mantel ( $r_M$ ), foram determinadas as correlações entre a dissimilaridade entre as matrizes lineares de similaridade do esforço amostral máximo (10 sub-amostras por parcela) e os demais níveis de rarefação (9 até 1 sub-amostra por parcela). Cada comparação entre os níveis de redução de esforço foi realizada dez vezes para evitar valores discrepantes. Os 10 valores para cada número de sub-amostras foram obtidos pela seleção randômica com reposição da sub-amostra pra compor a amostra. Os valores variam entre  $-1$  e  $+1$  (Chust *et al.* 2003), que são medidas de correlação entre os dados. Valores próximos de  $+1$  ou  $-1$  indica que as duas amostras comparadas carregam a mesma informação em relação às similaridades entre as parcelas. Relações negativas podem ser convertidas em relações positivas por o uso do complemento do índice em uma das matrizes. Valores próximos de zero indicam amostras pouco similares. Com os valores obtidos para cada rarefação foram montados os gráficos da similaridade entre parcelas para cada método. Considerei aceitável uma perda de informação de até 30%, sendo assim, valores obtidos do  $r$  de Mantel maiores ou iguais a 0,7 foram considerados como contendo um nível de informação suficiente.

### **Redução de esforço (número reduzido de métodos de coleta)**

Para testar se algum método ou combinação destes iria recuperar o padrão da comunidade coletada pelos três métodos em conjunto, foi realizado o teste de Mantel entre as comunidades coletadas pelos três métodos e os métodos isolados ou suas combinações. Foram analisadas as 30 parcelas de cada grade, e depois foram construídos gráficos utilizando a dissimilaridade entre as comparações dos três métodos com os métodos e suas combinações. Considerei significativos os resultados de  $r^2 \geq 0,3$  e  $p \leq 0,05$ . As ordenações por PCoA, os testes de Mantel e as regressões múltiplas multivariadas foram feitos no pacote estatístico “R” (R Development Core Team, 2008) e os diagramas de ordenação e os gráficos de similaridade pelo SYSTAT 12.0.

## **Custos financeiros e pessoas necessárias para processar o material coletado**

Os custos foram estimados em pessoa/hora necessários para processar o material coletado (coleta, triagem, identificação e montagem). Foi estimado o tempo de contribuição de cada pessoa no processamento do material coletado neste trabalho e relacionado aos custos para as agências de fomento (CNPq e FAPPEAM), além dos custos para coletar o material nas três grades estudadas. Para efeito de comparação, o valor médio anual do dólar americano para o ano de 2007 foi de 1 US\$ = R\$ 1,95 (fonte: Banco Central do Brasil). Como todo material foi identificado em espécie/morfoespécie, utilizamos como base de cálculo para estimar o custo da identificação em gênero os resultados efetuados pela equipe de invertebrados da CPEN/INPA, formigas foram identificadas até gênero (Moura, 2005; Souza, 2005; Souza *et al.*, 2009). Neste caso, consideramos que este tempo foi de aproximadamente a metade do gasto para se identificar em espécies/morfoespécies. Entretanto, existe a possibilidade deste custo estar super estimado, pois o mesmo pode ser reduzido, dependendo da experiência da equipe e dos parataxonomos envolvidos.

## **Resultados**

Utilizando os três métodos, nas três grades foram identificados 60 gêneros, distribuídos em 11 subfamílias. Na Ducke foram coletados 55 gêneros, onde o gênero *Eurhopalotrhex* foi registrado pela primeira vez para a reserva. Em Maracá 47 gêneros, seguido de 39 em Viruá, onde *Dorimyrme* foi registrado pela primeira vez para a área (Tabela 3.1, Apêndice I). A armadilha pitfall foi eficiente na coleta dos gêneros nas três áreas, coletando aproximadamente 87% dos gêneros coletados com os três métodos na Ducke, 95% em Maracá e 94% em Viruá (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Número de gêneros por método de coleta e suas combinações nas três reservas. Em parêntesis numero dos gêneros exclusivos.

Métodos	Área		
	Ducke	Maracá	Viruá
Pitfall	48 (4)	45 (2)	37 (1)
Isca	18 (0)	19 (1)	19 (0)
Winkler	34 (3)	20 (0)	13 (0)
Pitfall e Winkler	54	46	39
Isca e Winkler	37	25	23
Isca e Pitfall	48	47	38
Isca, Pitfall e Winkler	55	47	39

### Comparação das comunidades de formigas entre os três métodos de coleta

Alguns estudos (Delabie *et al.*, 2000; Souza *et al.*, 2007) indicam que a premissa para haver a complementaridade entre os vários métodos é diferença entre a composição de espécies amostradas por métodos de coleta. Na análise de ordenação foi registrada diferença entre a composição de espécies nas comunidades coletadas com os três métodos nas três reservas. Em Viruá, a variação foi encontrada nos dois eixos (MANOVA: Pillai Trace = 0,677;  $p < 0,001$ ; ANOVA: Eixo 1,  $F_{2,70} = 17,57$ ;  $p < 0,001$ ; Eixo 2,  $F_{2,70} = 18,28$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 3.1A), assim como em Maracá (MANOVA: Pillai Trace = 1,309;  $p < 0,001$ ; ANOVA, Eixo 1,  $F_{2,87} = 244,74$ ;  $p < 0,001$ ; Eixo 2  $F_{2,87} = 37,08$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 3.1B) e na Ducke (MANOVA: Pillai Trace = 1,473;  $p < 0,001$ ; ANOVA: Eixo 1,  $F_{2,82} = 207,73$ ;  $p < 0,001$ ; Eixo 2,  $F_{2,82} = 72,14$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 3.1C). Assim como o resultado encontrado com espécies, existe uma sobreposição em alguns pontos, indicando que alguns métodos podem estar coletando parte da mesma comunidade.

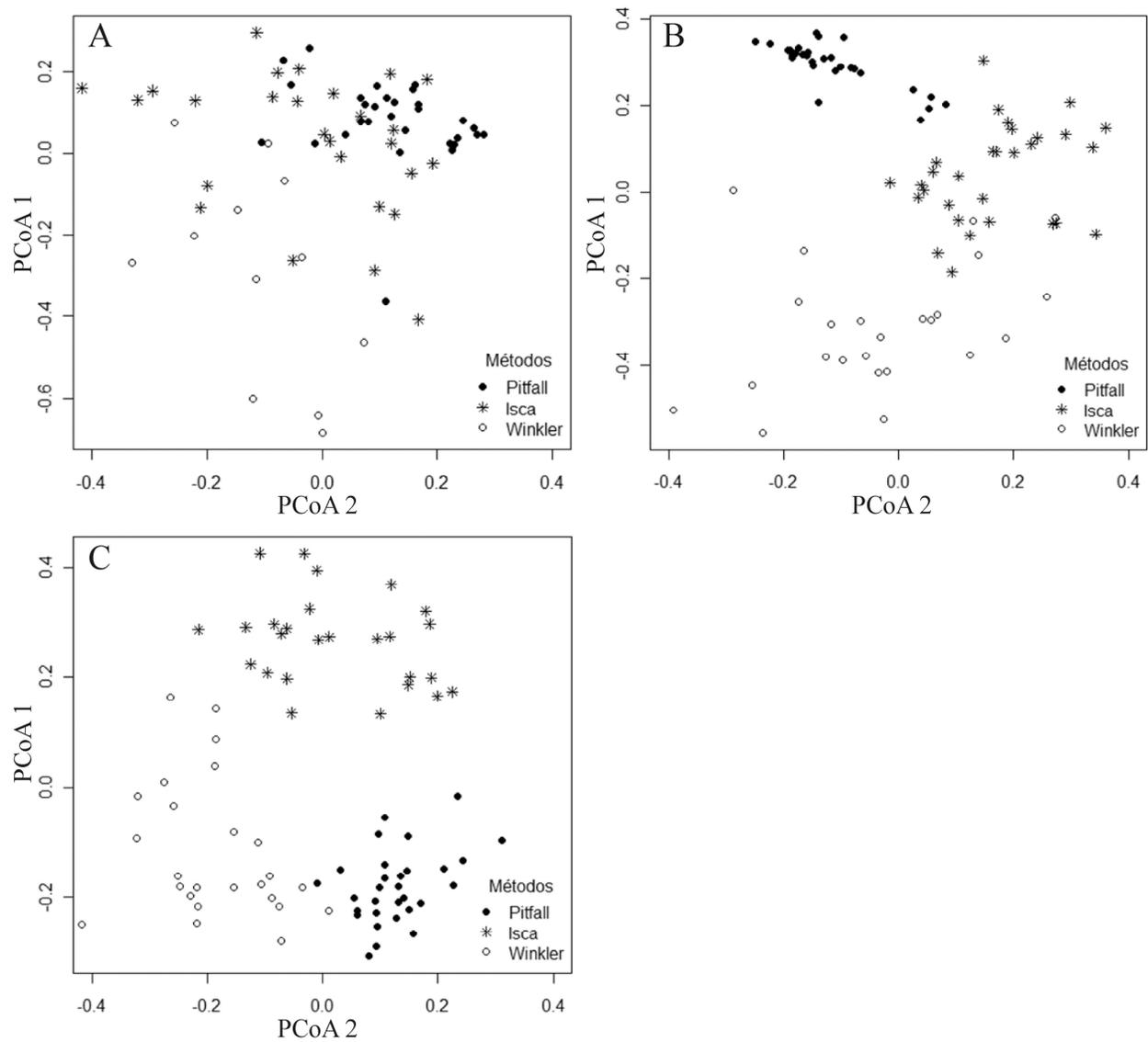


Figura 3.1. Diagramas de ordenação (PCoA) das comunidades dos gêneros de formigas coletadas pelos três métodos (armadilha pitfall, isca e Winkler) em Viruá (A), Maracá (B) e Ducke (C).

## **Comparação das comunidades de formigas coletadas com cada método entre as três áreas**

O PCoA foi utilizado para testar a complementaridade dos métodos utilizados, para verificar se estes métodos estavam coletando comunidades similares em diferentes por área de estudo. Com a armadilha de isca de sardinha, foram coletadas comunidades distintas em cada área (MANOVA: Pillai Trace = 0,697,  $p < 0,001$ ) e a diferença foi detectada nos dois eixos (ANOVA: Eixo 1,  $F_{2, 86} = 25,37$ ,  $p < 0,001$ ; Eixo 2,  $F_{2, 86} = 20,81$ ,  $p < 0,001$ ) (Figura 3.2A). Com a armadilha pitfall também foram coletadas comunidades distintas em cada área (MANOVA: Pillai Trace= 0,246;  $p < 0,001$ ) e a diferença foi detectada no eixo 1 (ANOVA: Eixo 1,  $F_{2, 87} = 12,745$ ,  $p < 0,001$ ), entretanto não houve diferença no eixo 2 (ANOVA: Eixo 2,  $F_{2, 87} = 0,873$ ,  $p = 0,421$ ) (Figura 3.2B). No extrator de Winkler também houve diferença entre as comunidades de formigas (MANOVA: Pillai Trace = 0,811,  $p < 0,001$ ). A diferença foi encontrada no eixo 1 (ANOVA: Eixo 1,  $F_{2,66} = 127,09$ ,  $p < 0,001$ ), mas não houve diferença no eixo 2 (ANOVA: Eixo 2,  $F_{2,66} = 0,592$ ,  $p = 0,556$ ) (Figura 3.2C).

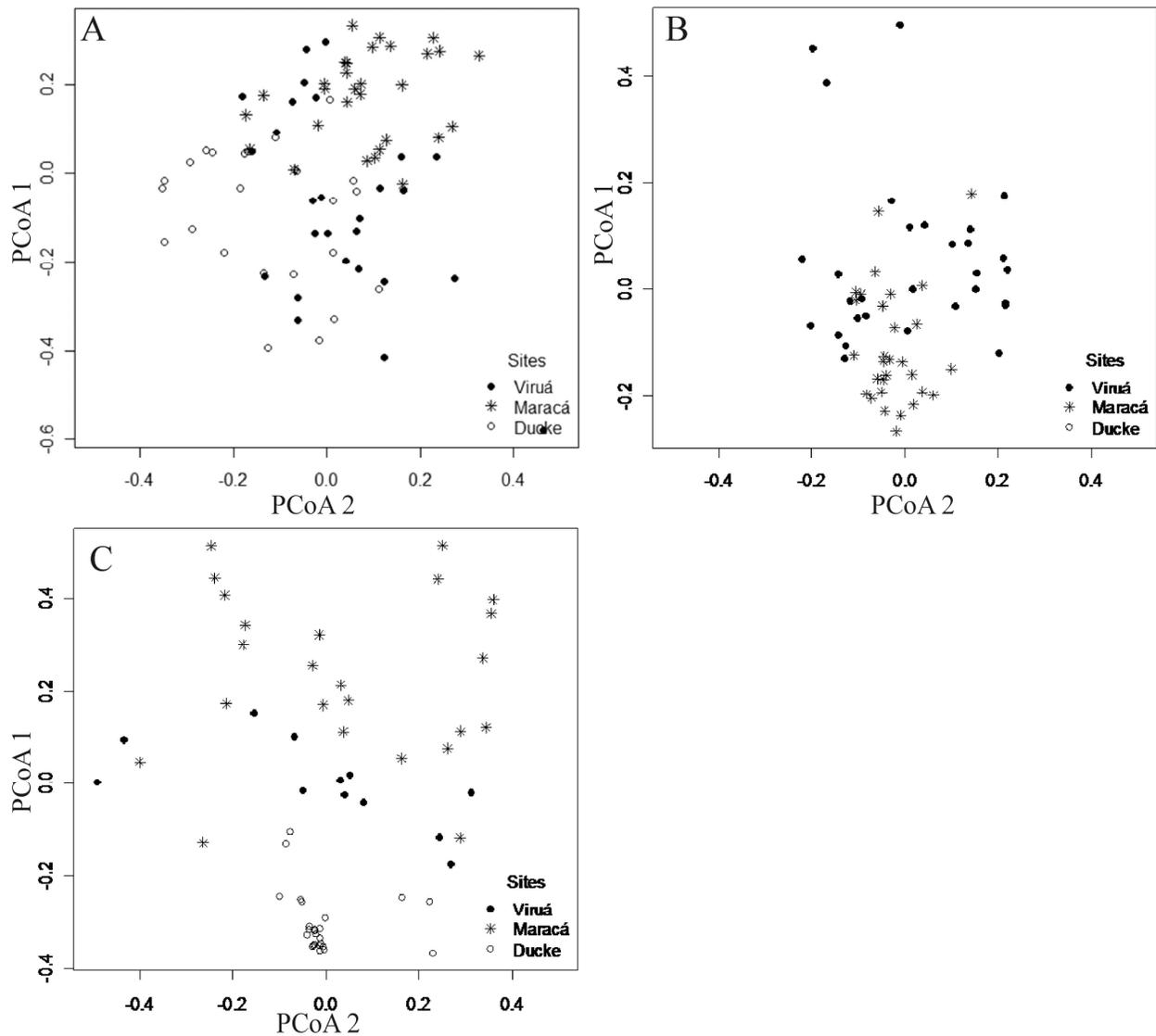


Figura 3.2. Diagrama de ordenação (PCoA) das comunidades dos gêneros de formigas coletadas com iscas de sardinha (A), armadilhas pitfall (B) e Winkler (C), em Viruá, em Maracá e na Duce.

### Redução do número de sub-amostras

Para testar a possibilidade de redução do esforço de coleta, foram efetuadas correlações com o teste de Mantel para comparar o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela), com os esforços reduzidos, para saber o quanto às comunidades coletadas com esforços menores seria

semelhante aquela coletada como esforço máximo. Cada comparação entre os níveis de redução de esforço foi realizada dez vezes para evitar valores discrepantes. Os valores das correlações permaneceram altos com médias de 79, 78 e 76% em Viruá, em Maracá e na Ducke, respectivamente 6 ou mais sub-amostras por parcela (Figura 3.3). A consistência da série de amostragem considerando menor número de sub-amostras foi satisfatória e a composição da comunidade de gêneros no inventário poderia ser representada com menor esforço amostral.

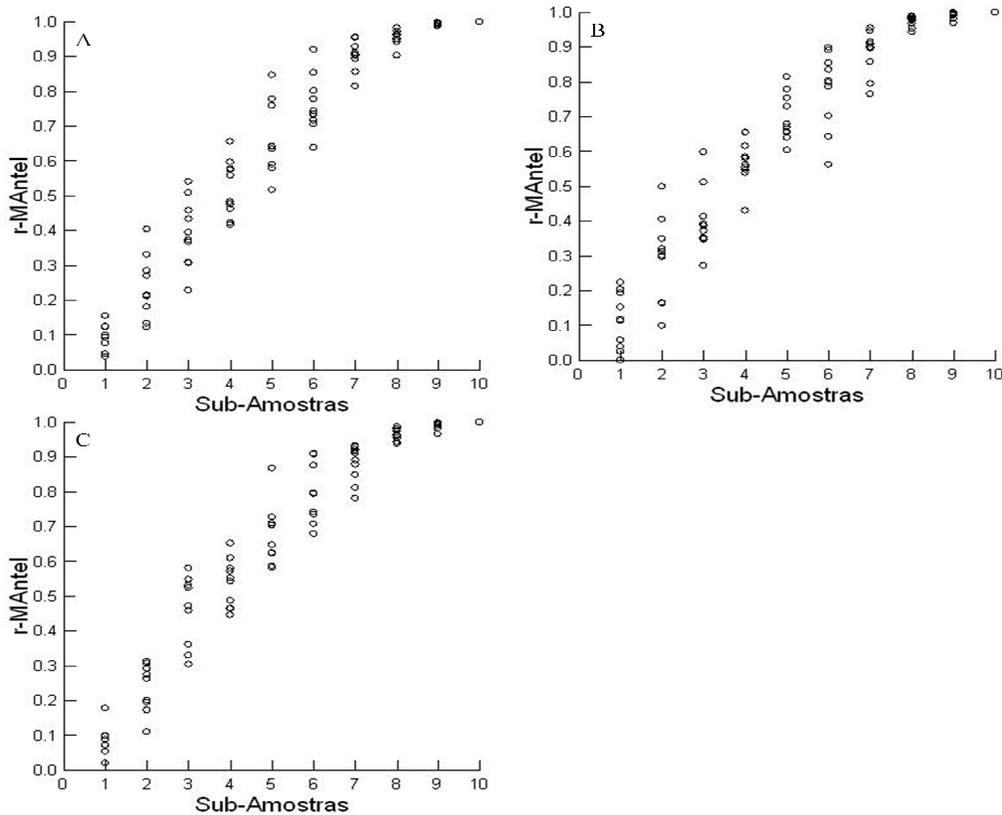


Figura 3.3. Correlações de Mantel entre o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e menores números de sub-amostras por parcela em Viruá (A), em Maracá (B) e na Ducke (C). Os 10 valores para cada número de sub-amostras foram obtidos pela seleção randômica com reposição.

## Comparação das comunidades de formigas coletadas entre os métodos e suas combinações

Em Viruá (Tabela 3.2, Figura 3.4A, B e C) e em Maracá (Tabela 3.2, Figura 3.5A, B e C), as informações obtidas com a armadilha pitfall sozinha, a combinação da armadilha pitfall com o Winkler e a combinação da isca e com a armadilha pitfall foram fortemente correlacionadas às informações sobre a composição de gêneros de formigas que foram detectadas pelos três métodos. Sendo assim, a composição das comunidades de gêneros no inventário em Maracá e Viruá poderiam ser representados com menor número de métodos de coleta.

Tabela 3.2. Valores da similaridade de Mantel entre o(s) método(s) e suas combinações, comparados com as informações sobre a comunidade de formigas detectadas por três métodos em cada área. Em negrito as correlações mais fortes.

Métodos	Viruá		Maracá		Ducke	
	r2	p	r2	p	r2	p
Isca	0,468	< 0,001	0,021	0,415	0,001	0,475
Pitfall	<b>0,929</b>	< 0,001	<b>0,934</b>	< 0,001	0,494	< 0,001
Winkler	-0,046	0,623	0,15	0,076	0,391	< 0,001
Pitfall e Winkler	<b>0,948</b>	< 0,001	<b>0,964</b>	< 0,001	<b>0,961</b>	< 0,001
Isca e Winkler	0,511	< 0,001	0,198	0,04	0,386	< 0,001
Isca e Pitfall	<b>0,98</b>	< 0,001	<b>0,954</b>	< 0,001	0,564	< 0,001

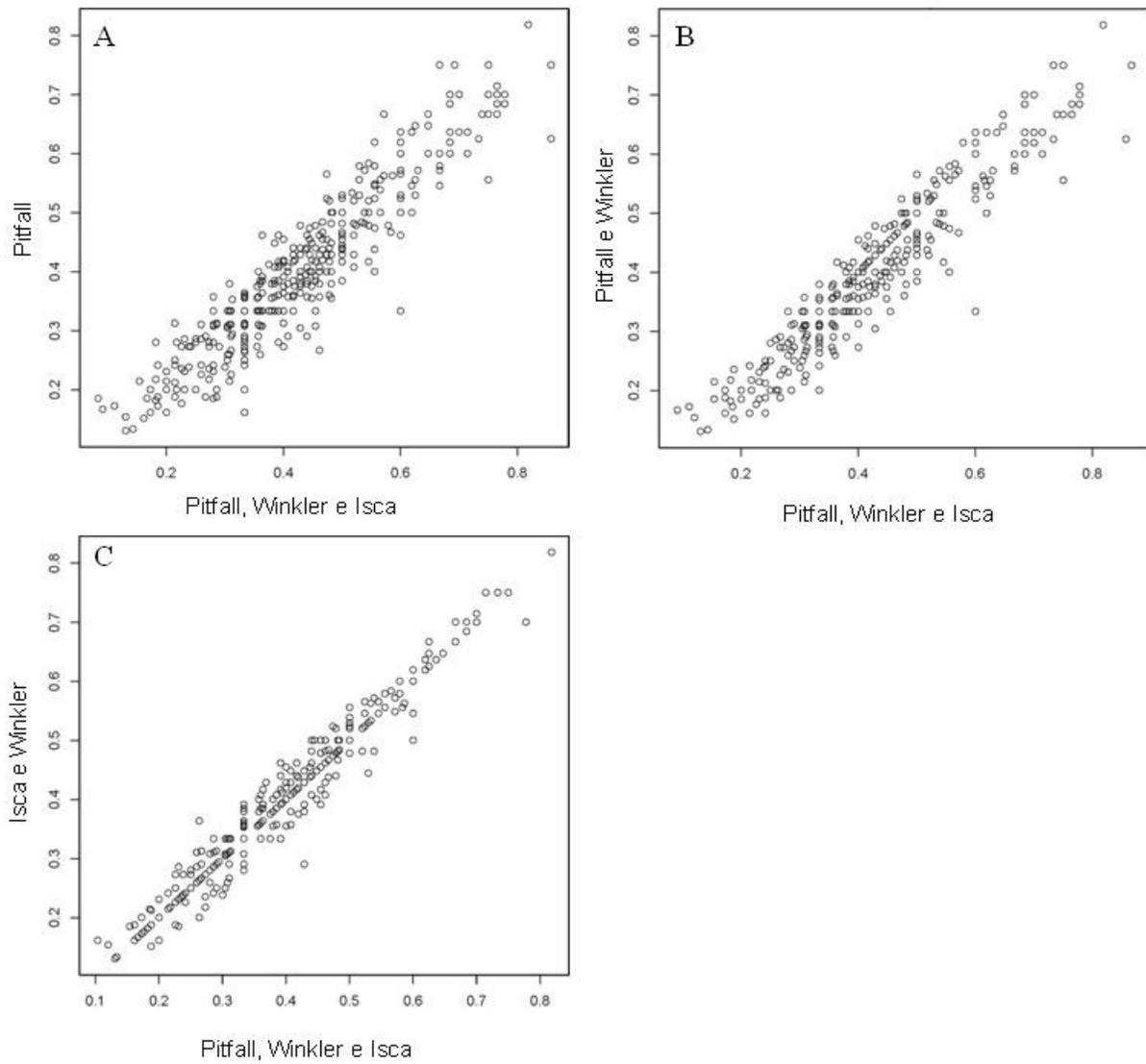


Figura 3.4. Correlações de Mantel realizadas com os gêneros coletados com armadilha pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação de isca com Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Viruá.

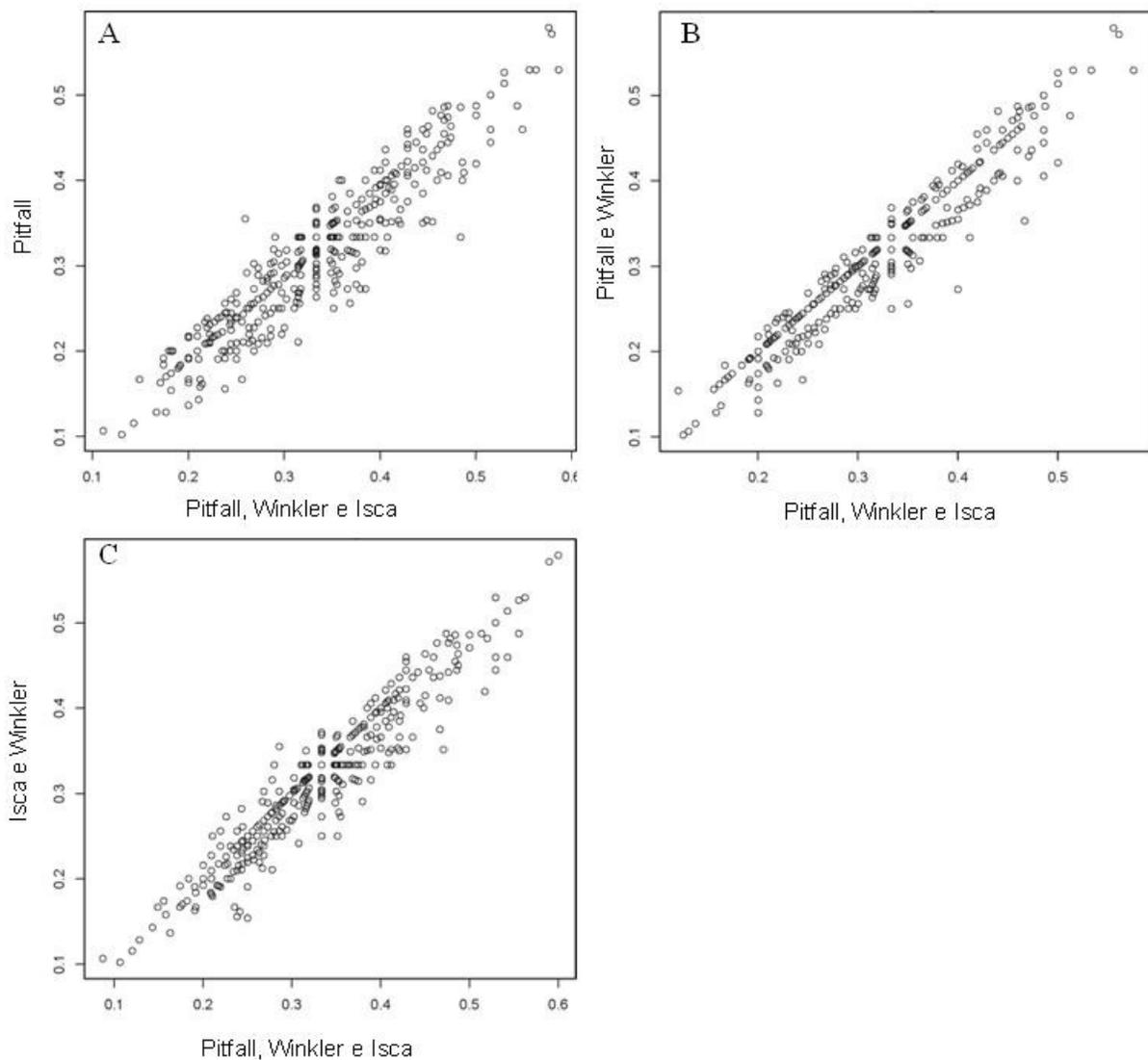


Figura 3.5. Correlações de Mantel realizada com os gêneros coletados com o Pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação isca e Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Maracá.

Na Ducke, a informação obtida com combinação de armadilha pitfall e Winkler evidenciou uma alta correlação, capturando as informações sobre a composição de gêneros de formigas que foram detectadas com os três métodos (Tabela 3.2, Figura 3.6). Sendo assim, a composição da comunidade de gêneros no inventário na Ducke poderia ser representada com menor número de métodos de coleta.

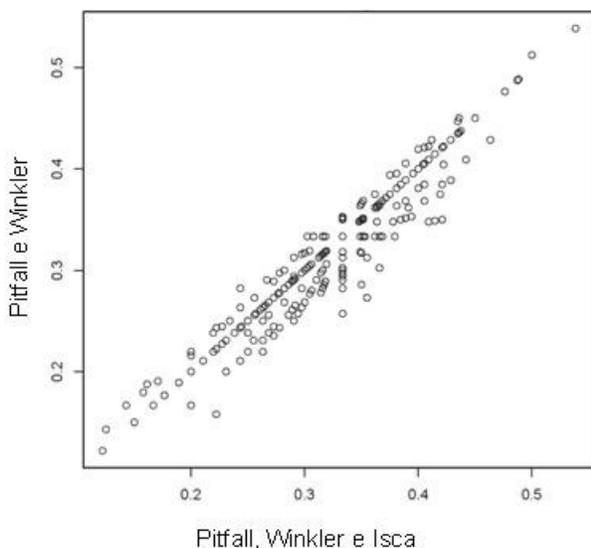


Figura 3.6. Correlações de Mantel entre a combinação de armadilha pitfall e Winkler comparada com os três métodos (isca, armadilha pitfall e Winkler) nas 30 parcelas na Ducke.

Como os valores das correlações permaneceram altos com 6 ou mais sub-amostras por parcela (Figura 3.3), optei por utilizar este número como base comparativa nos cálculos a seguir.

Nas áreas de Viruá (Tabela 3.3, Figura 3.7A, B e C) e Maracá (Tabela 3.3, Figura 3.8A, B e C), as informações obtidas utilizando 6 sub-amostras por parcela e usando a armadilha pitfall sozinha, a combinação da armadilha pitfall com o Winkler e a combinação da isca com a armadilha pitfall, foram fortemente correlacionadas, recuperando grande parte das informações sobre a composição de gêneros de formigas que foram detectadas pelos três métodos. Este resultado também é análogo ao obtido com 10 sub-amostras por parcela. Sendo assim, a composição da comunidade de gêneros nos inventários em Maracá e Viruá poderiam ser representados com menor número de métodos de coleta.

Tabela 3.3. Valores da similaridade de Mantel entre o(s) método(s) e suas combinações, comparados com os padrões ecológicos detectados por três métodos em cada área utilizando 6 sub-amostras por parcela. Em negrito as correlações mais fortes.

Métodos	Viruá		Maracá		Ducke	
	r2	p	r2	p	r2	p
Isca	0.460	< 0,001	-0.050	0.693	-0.070	0.791
Pitfall	<b>0.912</b>	< 0,001	<b>0.894</b>	< 0,001	0.525	< 0,001
Winkler	0.002	0.472	0.077	0.208	0.547	< 0,001
Pitfall e Winkler	<b>0.936</b>	< 0,001	<b>0.938</b>	< 0,001	<b>0.961</b>	< 0,001
Isca e Winkler	0.475	< 0,001	0.101	0.145	0.480	< 0,001
Isca e Pitfall	<b>0.974</b>	< 0,001	<b>0.924</b>	< 0,001	0.581	< 0,001

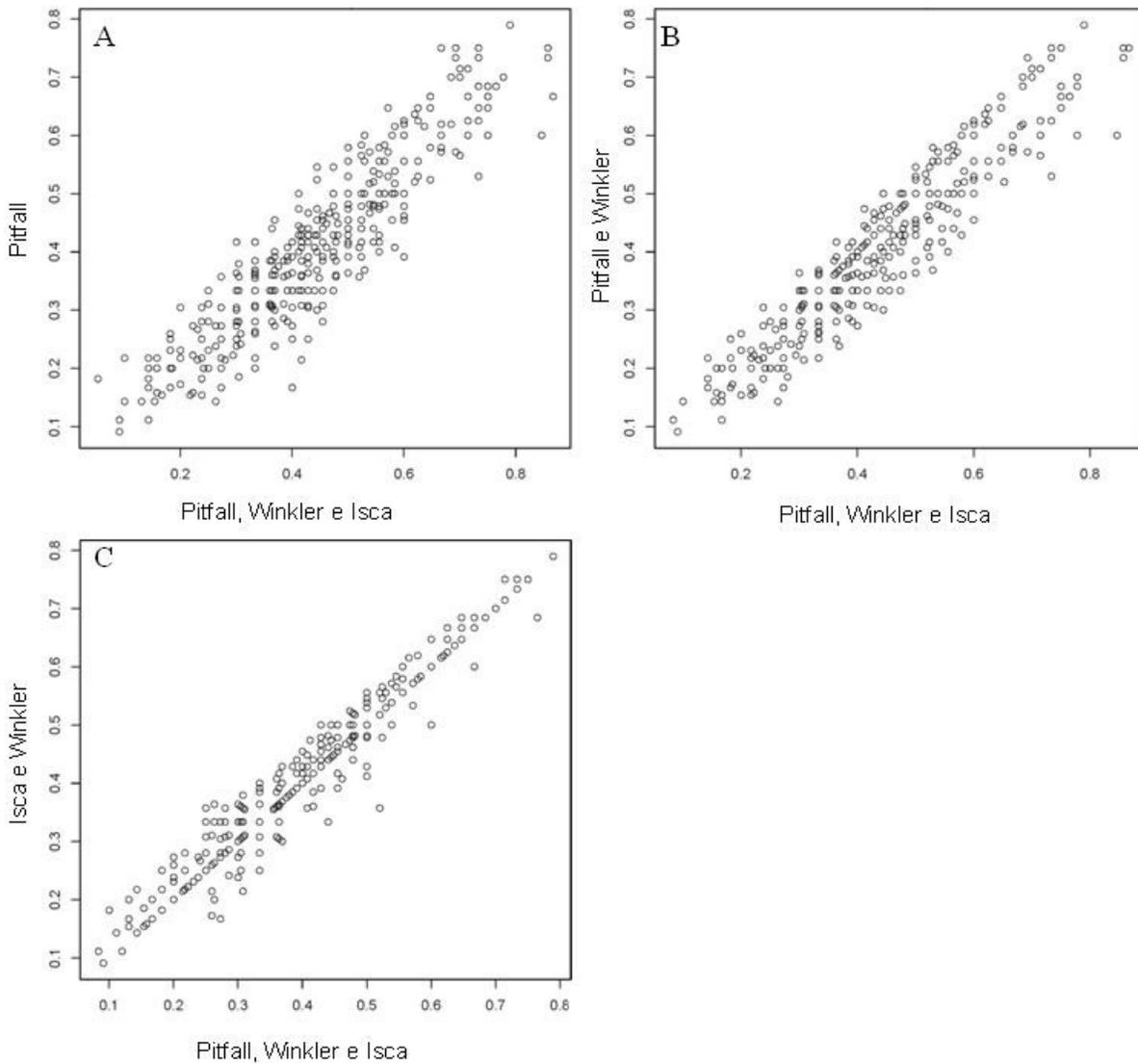


Figura 3.7. Correlações de Mantel realizada com os gêneros coletados com a armadilha pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação isca e Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Viruá, utilizando 6 sub-amostras por parcela.

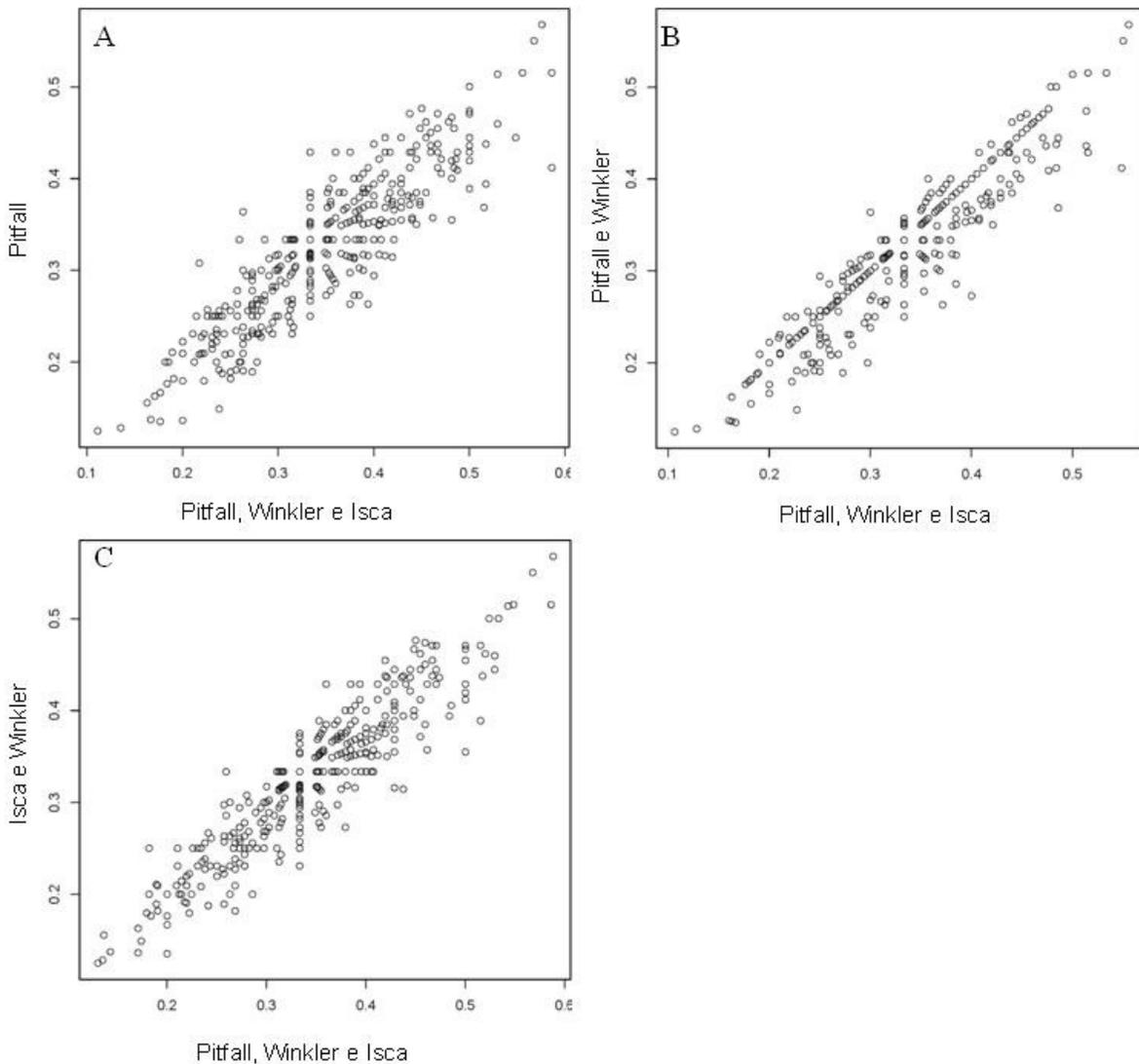


Figura 3.8. Correlações de Mantel realizada com os gêneros coletados com a armadilha pitfall (A), a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B) e a combinação isca e Winkler (C) comparada com os três métodos nas 30 parcelas em Maracá, utilizando 6 sub-amostras por parcela.

Duque as informações obtidas com 6 sub-amostras por parcela, usando a combinação de armadilha pitfall com o Winkler, evidenciaram fortes correlações, capturando grande parte das informações sobre a composição de gêneros de formigas que foram detectadas com os três métodos (Tabela 3.3, Figura 3.9). Este resultado é análogo ao obtido com 10 sub-amostras por parcela. Sendo assim, a composição da comunidade de gêneros no inventário na Duque poderia ser representada com menor número de sub-amostras e de métodos de coleta.

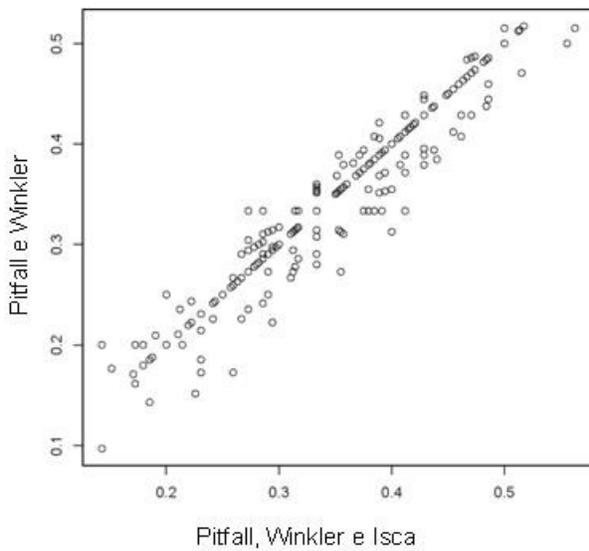


Figura 3.9. Correlações de Mantel entre a combinação de armadilha pitfall e Winkler comparada com os três métodos (isca, armadilha pitfall e Winkler) nas 30 parcelas na Ducke utilizando 6 sub-amostras por parcela.

A redução no número de métodos de coleta, assim como a redução no número de sub-amostras por parcela pouco afetou a capacidade dos métodos utilizados com esforço reduzido em capturar um elevado percentual do total de gêneros capturados com o esforço máximo (Figura 3.10).

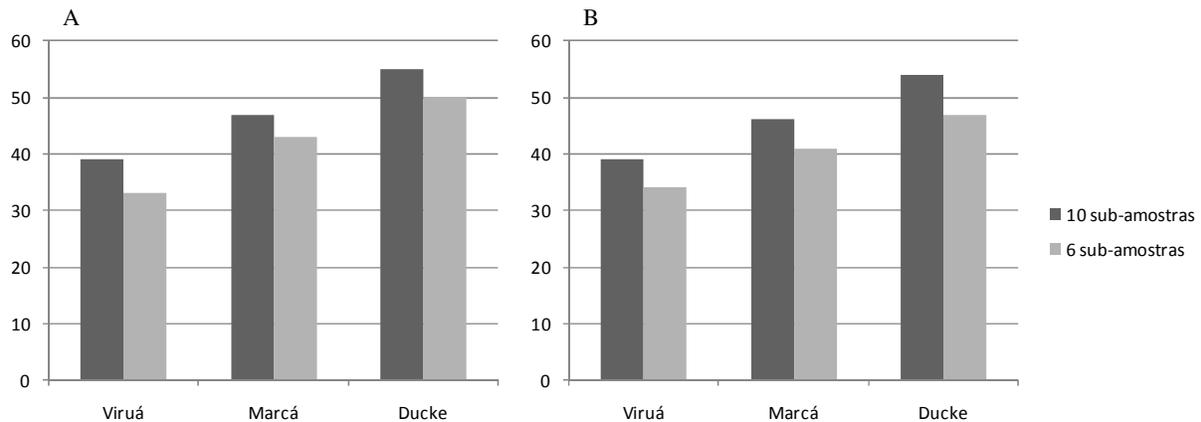


Figura 3.10. Número de gêneros coletados nas três áreas estudadas utilizando esforço máximo (10 sub-amostras) e reduzido (6 sub-amostras) com os três métodos de coleta (A) e a combinação de armadilha pitfall e Winkler (B).

## Custos financeiros e pessoas necessárias para processar o material coletado

A equipe de coleta foi composta de um aluno de doutorado (R\$ 1.500/mês, 8 horas/dia, financiado pelo CNPq). O PPBio financiou três ajudantes de campo (R\$ 30/dia cada pessoa) a alimentação no campo (R\$ 15/dia para cada pessoa) e o combustível (R\$ 100/coleta). A equipe para o processamento das amostras foi composta por um aluno de doutorado, dois de iniciação científica (R\$ 300/mês cada um, 4 horas/dia, financiados pelo CNPq e FAPEAM) e um bolsista de apoio técnico (R\$ 300/mês, 4 horas/dia, financiado pela FAPEAM). Foram avaliados os custos para a triagem e identificação das formigas em gêneros usando os três métodos de coleta e suas combinações nas três grades para o esforço máximo (Tabela 3.4).

Tabela 3.4. Custos (R\$), tempo de coleta e triagem para a identificação de 10 sub-amostras por parcela, utilizando três métodos (isca, armadilha pitfall e Winkler) e suas combinações, nas três áreas de estudo.

Itens de despesa	Tempo	Isca, Winkler e Pitfall	Pitfall e Isca	Pitfall e Winkler	Winkler e Isca	Winkler*	Isca**	Pitfall***
Ajudantes (3)	20 dias	5.400	5.400	5.400	5.400	1.800	540	2.700
Combustível		100	100	100	100	100	100	100
Alimentação	20 dias	3.600	3.600	3.600	3.600	1350	540	1.800
Armadilhas		6.350	200	6.300	6.200	6.150	50	150
Álcool		600	300	400	400	400	200	300
Microtubo		1.800	800	1.200	1.200	800	600	800
Doutorando	16 meses	24.000	13.500	15.000	13.500	12.000	6.000	10.500
Estudante PIBIC (2)	6 meses	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600	1.800	3.600
Bolsista apoio técnico	4 meses	1.200	900	1.800	900	900	0	1.200
<b>Total</b>		<b>46.650</b>	<b>28.400</b>	<b>37.400</b>	<b>34.900</b>	<b>27.100</b>	<b>9.830</b>	<b>21.150</b>

\* Nas coletas com o Winkler foi estimado a utilização de dois ajudantes de campo e uma coleta de 10 dias.

\*\* Nas coletas com Isca, foi estimado a utilização de um ajudante de campo e uma coleta de 6 dias.

\*\*\* Nas coletas com Pitfall foi estimado o uso de três ajudantes de campo e uma coleta de 10 dias.

Dependendo do método ou da combinação de métodos e do número de sub-amostras por parcela, os custos financeiros do projeto também oscilariam. Por exemplo, a combinação da armadilha pitfall e Winkler foi fortemente correlacionada com o padrão detectado pelos três métodos na Ducke, em Viruá e em Maracá. Nas três áreas, os valores de Mantel obtidos não foram menores que 0,94 e 0,93 quando foram utilizadas 10 e 6 sub-amostras por parcela, respectivamente. Sendo assim, o custo de R\$ 46.650 efetuado com o esforço máximo (Tabela 3.4), poderia ser reduzido para R\$ 37.400 (aproximadamente 20%). Como os resultados sugerem utilizar um número reduzidos de métodos e um número reduzido de sub-amostras (6 por parcela), ao utilizar à combinação de armadilha pitfall e Winkler com 6 sub-amostras por parcela a economia é de aproximadamente 48% (Tabela 3.5; Figura 3.11). Conseqüentemente, o tempo de triagem do esforço máximo (15 meses) poderia ser reduzido para apenas 5 meses (Tabela 3.6).

Tabela 3.5. Custos (R\$), para coletar, triar e identificar o material em gênero com 10 e 6 sub-amostras por parcela, utilizando três métodos (isca, armadilha pitfall e Winkler) e a combinação da armadilha pitfall com o Winkler, nas três áreas de estudo.

Itens	Custo unitário	Isca, Pitfall e Winkler		Isca e Winkler	
		10 sub-amostras	6 sub-amostras	10 sub-amostras	6 sub-amostras
Ajudantes (3)	30	5.400	5.400	5.400	5.400
Combustível		100	100	100	100
Alimentação	15	3.600	3.600	3.600	3.600
Armadilhas		6.350	3.810	6.300	3.840
Álcool		600	480	400	240
Microtubo		1.800	1.080	1.200	720
Doutorando	1.500	24.000	12.000	15.000	7.500
Estudante Pibic (2)	300	3.600	1.800	3.600	1.800
Bolsista apoio técnico	300	1.200	600	1.800	900
<b>Total</b>		<b>46.650</b>	<b>28.870</b>	<b>37.400</b>	<b>24.100</b>

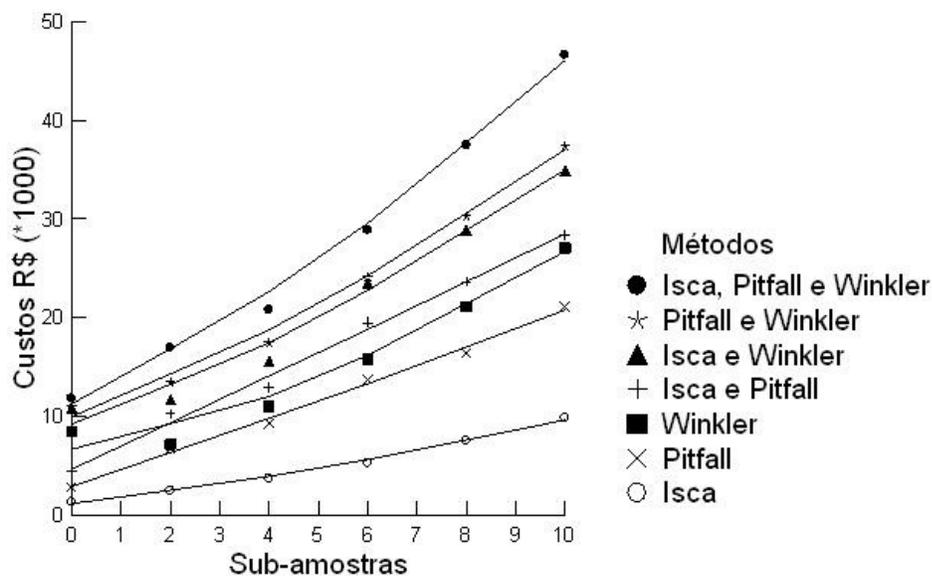


Figura 3.11. Custo para coletar, processar e identificar as formigas amostradas com os três métodos e suas combinações por sub-amostras.

Tabela 3.6. Tempo gasto para coletar, triar e identificar o material coletado nas três áreas por método (isca, armadilha pitfall e Winkler) e suas combinações, utilizando o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e reduzido (6 sub-amostras por parcela).

Métodos	Tempo (meses)	
	10 sub-amostras	6 sub-amostras
Isca, Pitfall e Winkler	16	8
Pitfall e Winkler	10	5
Isca e Winkler	9	5
Isca e Pitfall	9	5
Winkler	8	4
Pitfall	7	4
Isca	5	3

## Discussão

De maneira análoga ao registro de espécies/morfoespécies o registro de gêneros também seguiu um padrão para todos os métodos e suas combinações, onde os maiores valores foram encontrados na Ducke, seguidos dos valores obtidos em Maracá e Viruá.

Mesmo com as limitações intrínsecas da armadilha pitfall, como o fato de coletar apenas as formigas que estão se locomovendo na área, não coletando uma amostra adequada de formigas da serrapilheira (Bestelmeyer *et al.*, 2000; Olson, 1991), a armadilha pitfall neste estudo foi o método isolado que melhor representou a fauna coletada com os três métodos. A maior representatividade foi obtida em Maracá, com 95% dos gêneros coletados com os três métodos, seguida de 94% em Viruá e 85% na Ducke. Esta maior eficiência da armadilha pitfall pode ser atribuída ao fato da mesma ficar operando durante 48 horas ininterruptamente, coletando formigas no período noturno, com temperatura menor quando comparado com o dia. Isto pode ter favorecido a coleta de um número elevado de gêneros capturados com a armadilha pitfall, quando comparada com os outros métodos isolados ou as suas combinações. O Winkler pode ter sido afetado pela baixa umidade, principalmente em Maracá e Viruá, já que todas as coletas foram executadas no período menos chuvoso nas três grades. Um trabalho conduzido por Parr & Chown (2001), em ambientes abertos, fragmentados, menos complexos e com camada variável de serrapilheira, como as savanas, também indicou as armadilhas pitfall como as mais eficientes.

Outros autores (Delabie *et al.* 2000; Olson 1991) já haviam assinalado a complementaridade de métodos de coleta para as espécies de formigas, mesmo utilizando uma escala inferior (cerca de 10.000 m<sup>2</sup> e 4 km<sup>2</sup>, respectivamente) ao utilizado nesse estudo (25 km<sup>2</sup>). Entretanto nesse estudo verifiquei que existia um grau de redundância nos métodos utilizados tanto para espécies (Capítulo 1) como para os gêneros, indicando a possibilidade de reduzirmos o número dos métodos de coleta sem perdermos a qualidade de informação.

De maneira similar à resposta obtida com espécies, a combinação de armadilha pitfall e Winkler recuperou aproximadamente 95% do padrão encontrado com os três métodos em conjunto para a comunidade de gêneros nas três reservas. A forte correlação da comunidade de

gêneros de formigas encontrada entre o esforço máximo (10 sub-amostras) e o esforço reduzido (6 sub-amostras), indica que mesmo com o esforço reduzido a comunidade continuaria sendo bem amostrada. Levando em conta as três áreas estudadas, utilizando a combinação de armadilha pitfall e Winkler com o esforço reduzido por parcela (6 sub-amostras), a redução do esforço é de no mínimo 48 % na coleta, triagem e identificação dos gêneros quando comparado com o esforço máximo (três métodos, com 10 sub-amostras por parcela).

Levando em conta os resultados encontrados com a comunidade baseada em espécies dos capítulos anteriores, efetuo aqui uma comparação entre o esforço máximo realizado pelo presente estudo (três métodos, 10 sub-amostras por parcela identificando todo o material em espécie/morfo-espécie e custo de R\$ 74.250,00) com o menor esforço que poderia ser considerado. Neste caso, considero que o inventário poderia utilizar a combinação de apenas dois métodos (armadilha pitfall e Winkler), com 6 sub-amostras por parcela, material identificando em categoria taxonômica de gênero e custo de R\$ 24.100,00. A economia chegaria a 76% aproximadamente em relação ao esforço máximo. A economia no tempo de divulgação dos resultados também seria muito grande, da ordem de 84%, já que com o maior esforço são gastos 32 meses e com o menor apenas 5. Ao contrário dos vertebrados, cuja maioria é identificada no campo, os invertebrados demandam muito tempo (mais que o dobro) para o processamento e identificação no laboratório (Pik *et al.*, 1999; Gardner *et al.*, 2008, Moreno *et al.* 2008), resultando também em altos custos. Economias dessa grandeza em tempo e recursos podem ser cruciais pra viabilizar projetos de grande escala e/ou longa duração ou de monitoramentos, principalmente em tempos de recursos escassos e maior cobrança por resultados de qualidade rápidos. Alguns estudos anteriores realizados também em grande escala na Amazonia brasileira (pteridófitas: Zuquim *et al.* 2007; ácaros de solo: Santos *et al.* 2008; gêneros de formigas e espécies de *Crematogaster*: Souza *et al.* 2009a, b) já sugeriam a redução do esforço amostral, mantendo a qualidade das informações, entretanto nenhum deles realizou uma comparação utilizando taxa substituto, neste caso gênero no lugar de espécies.

A utilização dos três métodos de coleta utilizados neste estudo pode ser otimizada e reduzida a utilização de dois métodos e pela primeira vez, este padrão é observado com gêneros e com espécies em três áreas na Amazonia brasileira. Isto provavelmente reflete a influencia da topografia local promovendo uma heterogeneidade na distribuição das formigas no solo. A

variação da riqueza das espécies de formigas entre os principais tipos de floresta já foi detectada (Vasconcelos *et al.* 2003; 2006), e este padrão se manteve com os gêneros. Em conclusão, detectei um precedente forte mostrando que tanto a redução do número de sub-amostras quanto do número de métodos de coleta de não afetaram a eficiência de um protocolo em detectar a composição de gêneros nas três áreas e comprovando que inventários podem ser efetuados com custos razoáveis. A partir deste precedente avaliado sobre uma coleta intensiva em uma vasta área geográfica abrangendo a Reserva Ducke (floresta tropical úmida), Maracá (floresta ombrófila e estacional) e Viruá (mosaico entre florestas ombrófilas de baixa altitude, brejos, campinas e campinaranas), suponho que este potencial pode ser aplicado em outros ambientes similares a estes que foram inventariados.

## **Capítulo 4: Fatores ambientais afetando a comunidade de espécies e gêneros de formigas (Hymenoptera, Formicidae): a validação da eficácia do protocolo.**

### **Introdução**

Em sistemas aquáticos, os invertebrados têm sido muito usados para monitoramentos biológicos (Hawkins, *et al.*, 2000), porém, em ambientes terrestres eles têm sido usados com menor frequência (Andersen & Majer, 2004). Apesar de fornecerem valiosas indicações em mudanças na integridade biológica e nas funções do ecossistema, normalmente os invertebrados terrestres não são considerados por agências de manejo (Andersen & Majer, 2004) devido aos altos custos, principalmente os resultantes do longo tempo necessário para identificação deste grupo megadiverso, aliados à falta de taxonomistas e parataxonomistas.

Em contraste com os inventários, que representam normalmente um período amostral, o monitoramento requer amostragens repetidas num longo período de tempo para identificar padrões populacionais (Underwood & Fisher, 2006). Este estudo faz parte do Projeto de Pesquisa de Biodiversidade (PPBio), que compreende inventários rápidos e de longa duração. As formigas são um dos grupos alvos deste projeto, devido a diversos fatores: 1) a facilidade de coleta e identificação; 2) é grupo bem resolvido taxonomicamente, com grande suporte digital e 3) o grupo tem sido amplamente utilizado para análises biogeográficas e zoneamentos ecológicos. Aliado a isto, as formigas nidificam e forrageiam na superfície do solo, serrapilheira, troncos em decomposição e na vegetação e constroem ninhos sensíveis às modificações no habitat (Byrne, 1994). Por serem ninhos estacionários (Kaspari & Majer, 2000) e terem uma longevidade que varia de semanas a décadas (Lal De & Conacher, 1991), podem ser coletados repetidamente em estudos de monitoramento de longo prazo.

Alguns estudos associados com a eficiência do uso de vários métodos normalmente procuram saber qual o método ou a combinação de métodos mais eficiente para um inventário, envolvendo vários grupos como borboletas (Roy *et al.*, 2007), mamíferos e répteis (Garden *et al.*, 2007) e répteis e anfíbios (Ribeiro-Junior *et al.*, 2008). Porém, a ênfase maior destes estudos são

os registros da diversidade e abundância dos táxons. Entretanto, um método de amostragem deve ser eficiente em recuperar as informações sobre a comunidade de formigas e, ao mesmo tempo, ter eficácia, aqui definida como a capacidade do protocolo em captar os padrões ecológicos associados à distribuição das espécies. Por exemplo, na Amazônia Oriental, a influência do volume de serrapilheira sobre as espécies de *Crematogaster* se manteve mesmo com a redução do esforço máximo de coleta (Souza, 2005; Souza *et al.*, 2009a). Em savana amazônica (Santos 2005; Santos *et al.*, 2008), verificaram que as variáveis ambientais continuavam sendo detectadas para a comunidade de ácaros do solo (Acari: oribatida), mesmo com a redução de esforço. Estudos com formigas na Amazônia Oriental (Souza, 2005; Souza *et al.*, 2009a e b) também detectaram a influencia das variáveis ambientais com esforço amostral reduzido. Na Amazônia Central, foram testadas diferentes larguras de parcela para inventário de pteridófitas. Para todas as larguras testadas, a composição da comunidade de pteridófitas esteve associada ao teor de argila e não esteve associada à inclinação do terreno, ou seja, as parcelas menores podem ser usadas nos protocolos, reduzindo os custos (Zuquim *et al.*, 2007).

Dentre as características ambientais mais comumente utilizadas para modelagem da distribuição dos organismos estão o solo, a topografia e a estrutura da vegetação (Zuquim *et al.*, 2007). Os fatores ambientais que controlam a distribuição de espécies de formiga estão correlacionados com fatores climáticos, tipo de solo e composição da vegetação (Hölldobler & Wilson, 1990). A influência exercida nos solos por esses animais é muito grande (Lobry de Bruyn, 1999) e são usados como modelos para responder questões ecológicas (Kaspari & Weiser, 2000). Ninhos de formigas contribuem para a heterogeneidade de nutrientes em muitos ecossistemas. A diferença entre os ninhos de formiga e o solo adjacente provavelmente resulta do comportamento de forrageio. Itens alimentares são coletados através dos limites de forrageio da colônia, e o lixo é depositado perto da entrada do ninho (Lal De & Conacher, 1990). Com o aumento da colônia, há alteração da química do solo adjacente, onde a concentração de nitrogênio total e ortofosfatos aumentam e o pH diminui (Wagner *et al.*, 2004). A composição de diversos os grupos de plantas na Reserva Ducke está fortemente associada ao solo e se modifica em relação à inclinação do terreno e de acordo com o gradiente contínuo que vai de solos mais arenosos (nas áreas mais baixas), até solos mais argilosos (nas áreas mais altas) (Costa *et al.*, 2005). Terrenos inclinados podem afetar a capacidade de construção de ninhos e de algumas espécies. O volume de serrapilheira é uma variável que influencia diretamente as formigas, pois

está relacionada com a disponibilidade de locais para a nidificação e forrageamento; em conjunto com a umidade, pode produzir uma variabilidade de micro ambientes, que podem afetar o padrão da distribuição das assembléias (Vasconcelos *et al.*, 2003). O aumento da abertura da copa e a redução na estrutura da vegetação causam mudanças na comunidade de formigas (Uhl & Vieira, 1989). Estas variáveis são consideradas como medidas indiretas da influência da temperatura sobre as formigas (Levings, 1983; Holdobler & Wilson, 1990). Portanto, variáveis ambientais que representam cada uma destas características acima citadas foram selecionadas para este estudo (porcentagem de argila, pH do solo, inclinação do terreno, volume de serrapilheira e abertura de dossel).

Já foi visto nos capítulos anteriores, tanto a redução do número de sub-amostras quanto à do número de métodos de coleta não afetaram a eficiência em detectar a composição das comunidades de espécies e de gêneros nas três áreas, indicando que inventários eficientes podem ser efetuados com custos razoáveis. Neste estudo foi objetivado investigar se os padrões gerais da comunidade associados a gradientes ecológicos capturados pelos três métodos serão também capturados com esforços reduzidos (menor número de sub-amostras, de métodos ou de combinações de métodos), utilizando as comunidades de espécies e de gêneros de formigas, validando, assim, a eficácia do protocolo de coleta.

## **Material e Métodos**

### **Análise de dados**

As análises serão feitas com base na casta de operárias, visto que as operárias indicam estabelecimento de colônia (Longino *et al.*, 2002). Serão empregados dados de incidência (presença/ausência) devido a diversos fatores, dentre eles o comportamento destes insetos sociais, que usualmente empregam forrageio em massa e a distribuição dos ninhos na serrapilheira (Hölldobler & Wilson, 1990; Levings & Franks, 1982; Brühl *et al.*, 2003).

Para testar se os padrões ecológicos capturados pelas comunidades de espécies ou de gêneros de formigas com o esforço máximo utilizado no campo (10 sub-amostras por parcela) foram iguais aos padrões ecológicos capturados pelas comunidades com esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela) foi realizada uma análise de regressão múltipla multivariada com a comunidade de formigas coletadas com os três métodos e as variáveis ambientais coletadas ou disponíveis para cada área. O modelo usou os dois primeiros eixos resultantes do PCoA como variáveis dependentes e as variáveis ambientais para cada área de estudo como variáveis independentes. Apenas as variáveis ambientais preditoras disponibilizadas por outros pesquisadores do PPBio para todas as 30 parcelas em cada área do estudo foram pré-selecionadas. Os eixos da ordenação foram testados com algumas variáveis que foram escolhidas porque análises iniciais indicaram diferentes graus de efeito sobre a composição de espécies. As variáveis foram usadas para mostrar se um efeito detectado numa análise pode ainda ser detectado numa análise subsequente baseada nos dados de redução do esforço. Na Ducke, foram usados o percentual de argila, a inclinação do terreno, o pH do solo e o volume de serrapilheira,. Na área de Maracá foram usados o percentual de argila, a inclinação do terreno e a abertura do dossel. Na área de Viruá foram utilizados o percentual de argila, o volume de serrapilheira e a abertura do dossel. Considerei significativas e úteis relações com  $r^2 \geq 0,3$  e  $p \leq 0,05$ .

As ordenações por PCoA e as regressões múltiplas multivariadas foram feitos no pacote estatístico “R” (R Development Core Team, 2008).

## **Resultados**

### **Redução do esforço utilizando a comunidade de espécies obtida com a armadilha pitfall, a isca e o Winkler**

De uma maneira geral para a comunidade de espécies, padrões consistentes, alguns com valores de probabilidade menores que 0,05 e outros não, foram detectados nas três reservas, significando que os padrões ecológicos encontrados no esforço máximo se mantiveram com o

esforço reduzido (Tabela 4.1). Em Viruá, absolutamente todos os padrões detectados com o esforço máximo foram também detectados com o esforço reduzido. Em Maracá, a redução do esforço não foi capaz de manter a informação sobre a influência da porcentagem de argila capturada no eixo 2 ( $p \leq 0,05$ ) e da abertura do dossel (eixo 1;  $p \leq 0,01$ ) obtida com o esforço máximo. Nos dois esforços, a inclinação do terreno não esteve relacionada a qualquer um dos eixos. Na Ducke, a influência da porcentagem de argila e do volume de serrapilheira sobre a composição de espécies foi detectada tanto para o esforço máximo quanto para o esforço reduzido (eixo 1). Os valores do eixo 2 para o percentual de argila e o volume de serrapilheira não foram significativos com o esforço máximo, mas foram significativos com o esforço reduzido. A redução do esforço não foi capaz de manter a informação sobre a inclinação do terreno obtida pelos eixos 1 ( $p < 0,05$ ) e 2 ( $p \leq 0,01$ ).

Tabela 4.1. Probabilidades associadas para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação do PCoA, que representam a composição qualitativa da comunidade de espécies de formigas coletadas com os três métodos, e as variáveis ambientais para o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela). Em cinza está assinalado onde o padrão não se manteve em comparação com o esforço reduzido.

	Viruá				Maracá				Ducke			
	10 sub-amostras		6 sub-amostras		10 sub-amostras		6 sub-amostras		10 sub-amostras		6 sub-amostras	
	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2
Porcentagem de Argila	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$	0.35	$\leq 0.05$	0.13	0.29	$\leq 0.01$	0.07	$\leq 0.05$	$\leq 0.05$
Volume de Serrapilheira	$\leq 0.05$	$\leq 0.01$	$\leq 0.05$	$\leq 0.01$					$\leq 0.01$	0.20	$< 0.01$	$\leq 0.05$
Inclinação do Terreno					0.46	0.53	0.50	0.77	$\leq 0.05$	$\leq 0.01$	0.08	0.46
pH do solo									0.53	0.57	0.42	0.45
Abertura do Dossel	$\leq 0.01$	0.59	$\leq 0.01$	0.33	$\leq 0.01$	0.59	0.12	0.63				
$r^2$	0.70	0.46	0.77	0.42	0.25	0.15	0.17	$\leq 0.05$	0.53	0.46	0.43	0.31
p	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$	0.06	0.24	0.17	0.69	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$	$\leq 0.05$

## Redução do esforço utilizando a comunidade de espécies obtida com a armadilha pitfall e o Winkler

Considerando a comunidade de espécies de formigas coletadas com a combinação de armadilha pitfall e Winkler (que evidenciaram fortes correlações, capturando grande parte das informações sobre a composição de espécies de formigas que foram detectadas com os três métodos), de uma maneira geral, os padrões se mantiveram consistentes, nas três reservas. Em Viruá, todos os padrões ecológicos detectados com o esforço máximo foram também detectados com o esforço reduzido, com relações fortes e significativas. Em Maracá, de maneira diferente que a análise efetuada com todos os métodos, a redução do número de métodos foi capaz de manter o padrão com todas as variáveis. Na Ducke, a influência da porcentagem de argila e do volume de serrapilheira sobre a composição de espécies foi detectada tanto para o esforço máximo quanto para o esforço reduzido (eixo 1). Entretanto a redução do esforço não foi capaz de manter a informação sobre a influência da inclinação do terreno sobre a comunidade de espécies detectada pelos eixos 1 e 2 do esforço máximo. Nos dois esforços, o pH do solo não esteve relacionada a qualquer um dos eixo.

Tabela 4.2. Probabilidades associadas para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação do PCoA que representam a composição qualitativa da comunidade espécies de formigas coletadas com a combinação pitfall e Winkler, e as variáveis ambientais para o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela). Em cinza está assinalado onde o padrão não se manteve em comparação com o esforço reduzido.

	Viruá				Maracá				Ducke			
	10 sub-amostras		6 sub-amostras		10 sub-amostras		6 sub-amostras		10 sub-amostras		6 sub-amostras	
	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2
Porcentagem de Argila	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	0.60	0.26	0.73	0.42	≤ 0.01	0.43	< 0.01	0.08
Volume de Serrapilheira	≤ 0.05	≤ 0.01	≤ 0.05	≤ 0.01					≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.05	0.95
Inclinação do Terreno					0.64	0.37	0.71	0.34	≤ 0.05	≤ 0.01	0.24	0.47
pH do solo									0.68	0.18	0.88	0.34
Abertura do Dossel	≤ 0.01	0.58	≤ 0.01	0.35	≤ 0.05	0.24	≤ 0.05	0.31				
r <sup>2</sup>	0.67	0.40	0.76	0.42	0.11	≤ 0.01	0.18	0.15	0.43	0.38	0.48	0.16
p	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	0.10	0.40	0.20	0.29	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	0.32

## Redução do esforço utilizando a comunidade de gêneros obtida com a armadilha pitfall, a isca e o Winkler

De uma maneira geral para a comunidade de gêneros, padrões consistentes, alguns com valores de probabilidade menores que 0,05 e outros não, foram detectados nas três reservas (Tabela 4.3). Em Viruá, a composição de espécies representada pelo eixo 2 do PCoA foi relacionada à porcentagem de argila para ambos os esforços; apenas o eixo 1 captou a influência do volume de serrapilheira. A composição de gêneros representada pelo eixo 1 foi relacionada à abertura do dossel para ambos os esforços. Em Maracá, nenhuma relação sobre a influência das variáveis ambientais sobre a composição de gêneros foi detectada. Na Ducke, a composição de espécies representada pelo eixo 1 do PCoA foi relacionada à porcentagem de argila para ambos os esforços. A influência da inclinação do terreno sobre a composição de gêneros foi detectada como um possível erro tipo II para o esforço total ( $p = 0,06$ ), mas foi significativa para o esforço reduzido. Nos dois esforços, o volume da serrapilheira e o pH do solo registraram o mesmo padrão, ou seja, a composição de gêneros não esteve relacionada a qualquer um dos eixo.

Tabela 4.3. Probabilidades associadas para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação do PCoA, que representam a composição qualitativa da comunidade de gêneros de formigas coletadas com os três métodos, e as variáveis ambientais para o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela). Em cinza está assinalado onde o padrão não se manteve em comparação com o esforço reduzido.

	Viruá				Maracá				Ducke			
	10 sub-amostras		6 sub-amostras		10 sub-amostras		6 sub-amostras		10 sub-amostras		6 sub-amostras	
	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2
Porcentagem de Argila	≤ 0.05	≤ 0.01	0.21	≤ 0.01	0.27	0.67	0.36	0.38	≤ 0.05	0.78	≤ 0.05	0.47
Volume de Serrapilheira	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05	0.14					0.77	0.67	0.97	0.85
Inclinação do Terreno					0.24	0.81	0.37	0.36	0.73	0.06	0.61	≤ 0.05
pH do solo									0.91	0.14	0.55	0.40
Abertura do Dossel	≤ 0.05	0.31	≤ 0.01	0.48	0.17	0.34	0.23	0.62				
$r^2$	0.55	0.33	0.59	0.41	0.14	0.04	0.12	0.06	0.24	0.23	0.27	0.20
$p$	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01	0.27	0.80	0.32	0.65	0.13	0.15	0.12	0.35

## Redução do esforço utilizando a comunidade de gêneros obtida com a armadilha pitfall e o Winkler

Em Viruá, a composição de gêneros representada pelo eixo 2 do PCoA foi relacionada à porcentagem de argila para o esforço máximo; o mesmo padrão foi capturado pelos eixos 1 e 2 do esforço reduzido (Tabela 4.4). A composição de gêneros representada pelo eixo 1 foi relacionada ao volume de serrapilheira para o esforço máximo, mas não pelo esforço reduzido. A abertura de dossel influenciou a composição de gêneros representada pelo eixo 1 do esforço máximo e pelos eixos 1 e 2 do esforço reduzido. Em Maracá, apenas a composição de gêneros representada pelo eixo 1 do esforço reduzido foi relacionada à abertura do dossel. Na Ducke, a composição de gêneros representada pelo eixo 1 do PCoA foi relacionada à porcentagem de argila para o esforço máximo; o mesmo padrão foi observado para o esforço reduzido.

Tabela 4.4. Probabilidades associadas para as regressões múltiplas entre os eixos de ordenação do PCoA que representam a composição qualitativa da comunidade de gêneros de formigas coletadas com a combinação pitfall e Winkler, e as variáveis ambientais para o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela) e o esforço reduzido (6 sub-amostras por parcela). Em cinza está assinalado onde o padrão não se manteve em comparação com o esforço reduzido.

	Viruá				Maracá				Ducke			
	10 sub-amostras		6 sub-amostras		10 sub-amostras		6 sub-amostras		10 sub-amostras		6 sub-amostras	
	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2	eixo 1	eixo 2
Porcentagem de Argila	0.07	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.05	0.43	0.66	0.72	0.55	≤ 0.05	0.57	≤ 0.05	0.31
Volume de Serrapilheira	≤ 0.01	0.20	0.16	0.29					0.69	0.83	0.91	0.76
Inclinação do Terreno					0.27	0.77	0.29	0.88	0.94	≤ 0.05	0.12	0.13
pH do solo									0.89	0.27	0.94	0.34
Abertura do Dossel	≤ 0.05	0.13	≤ 0.01	≤ 0.01	0.19	0.31	≤ 0.05	0.67				
r <sup>2</sup>	0.56	0.34	0.43	0.39	0.02	-0.06	0.19	0.02	0.12	0.07	0.23	0.15
p	≤ 0.01	≤ 0.05	≤ 0.01	≤ 0.01	0.31	0.76	0.13	0.90	0.12	0.23	0.14	0.36

## Discussão

O estudo teve como base em dois níveis principais: testar a eficiência e a eficácia do inventário de formigas embasado sobre uma coleta intensiva em uma vasta área geográfica abrangendo a Reserva Ducke (floresta tropical úmida), Maracá (floresta ombrófila e estacional) e Viruá (mosaico entre florestas ombrófilas de baixa altitude, brejos, campinas e campinaranas). Dentro de cada um dos níveis, testei dois níveis taxonômicos de resolução: espécies e gêneros de formigas.

Com relação à eficiência dos diversos protocolos que poderiam ter sido adotados para reduzir o esforço máximo inicial que efetuei, com conseqüente redução dos custos, existe um precedente forte, mostrado nos outros capítulos: tanto a redução do número de sub-amostras quanto do número de métodos de coleta não afetou a eficiência de um protocolo em detectar a composição de espécies ou a de gêneros nas três áreas. Isto comprova que inventários podem ser efetuados com custos razoáveis. Portanto, seguramente a composição de ambos os níveis taxonômicos, espécies ou gêneros, continuaria sendo bem representada com menor número de sub-amostras por parcela e com menor número de métodos de coleta.

No delineamento de protocolos de coleta, Coddington *et al.*, (1991) enfatizou a necessidade de utilizar a abordagem tradicional de “coleta para museus” (i.e. inventários), o que maximiza o número de espécies registradas. Porém, a caracterização de comunidades necessita de coletas estruturadas que permitam análises estatísticas (King & Porter, 2005). Em levantamentos rápidos da biodiversidade o tempo e os recursos logísticos e financeiros são escassos, sendo extrema importância o emprego de um número mínimo de métodos de coleta para fornecer dados ecológicos para as questões ecológicas levantadas, mesmo que isto represente um número menor de táxons.

Deste modo, se o objetivo do projeto for o inventário faunístico de uma área, a comunidade de formigas classificada no nível taxonômico de espécies ou de gênero e a utilização de armadilha pitfall e do Winkler foram eficientes e representariam bem uma comunidade, com pouca perda de informação sobre o número de táxons de ambos os níveis de resolução taxonômica. Para grupos como pteridófitas (Zuquim *et al.*, 2007), ervas (Costa *et al.*, 2005),

lagartos (Pinto *et al.*, 2008), anuros (Menin *et al.*, 2007) e mamíferos (Garden *et al.*, 2007), reduzir o esforço amostral acarreta em redução de tempo principalmente no campo. Porém, para os fungos (Braga-Neto *et al.*, 2007) e os invertebrados, a redução do esforço e do número de métodos de coleta acarreta redução de tempo e dos custos no laboratório, custos estes representados principalmente pelas bolsas de estudo e de apoio técnico.

Portanto, para inventários faunísticos, os resultados sugerem que a armadilha pitfall e o Winkler sejam utilizados como métodos principais de coleta, uma vez que capturam grande parte da diversidade de gêneros e de espécies. O nível taxonômico sempre vai depender da disponibilidade de um especialista. Porém, a identificação em nível taxonômico de gênero pode ser efetuada por um parataxonomo bem treinado e a falta de um especialista não seria um impedimento, mas o passo inicial poderia ser dado para a detecção da composição da comunidade de uma área.

O segundo nível que trabalhei foi com a eficácia dos protocolos, que é definida como a capacidade em captar os padrões ecológicos, ou seja, a determinação dos fatores ambientais que condicionam a distribuição dos organismos e a variação na composição dos táxons. Alguns estudos realizados com redução do esforço amostral com invertebrados na região amazônica utilizaram variáveis ambientais para confirmar a manutenção da detecção de padrões ecológicos quando era avaliada a redução do esforço para outros invertebrados, como ácaros (Santos 2005; Santos *et al.*, 2008) e formigas (Souza, 2005; Souza *et al.*, 2009a, b). Entretanto, nenhum destes estudos avaliou a possibilidade de utilizar um táxon substituto, neste caso, a resolução taxonômica de gênero.

A argila foi uma variável que exerceu um efeito sobre a composição de espécies e de gêneros de formigas num aspecto regional. O efeito ambiental foi forte e consistente para Viruá e para a Ducke, mesmo com a redução do número de sub-amostras e de métodos de coleta. Contudo, em Maracá a redução do esforço resultou em perda de informação desta variável. O mesmo padrão foi detectado quando usei a resolução taxonômica de gêneros em Maracá. Efeitos do percentual de argila sobre as espécies de formigas já foram detectados na região Amazônica, utilizando escalas espaciais diferentes (Souza, 2005; Vasconcelos *et al.*, 2003), em região e

escala diferente (Theunis *et al.*, 2005). Na grade do PPBio na Reserva Ducke a composição de espécies (Oliveira *et al.*, 2009) e de gêneros de formigas (Fagundes, 2003) foi correlacionada com a porcentagem de argila. Segundo estes, não ficou claro se a relação eram originárias de um efeito direto da textura do solo, lençol freático ou a combinação de outras variáveis que criam uma alta heterogeneidade ambiental, com diferentes micro-habitats. Vasconcelos *et al.*, (2003) relatam que é difícil determinar se os resultados obtidos para formigas são oriundos do efeito direto da textura do solo (% de argila) ou resultado de uma interação entre outras variáveis como topografia, a textura do solo e a drenagem, sobre a composição de espécies de formigas. Conclusões similares foram obtidas para as pteridófitas (Zuquim *et al.*, 2007), onde foi detectado o efeito global do teor de argila em parcelas de vários tamanhos, mas não foi descartada a possibilidade de parcelas menores estarem subestimando os efeitos associados ao solo.

De maneira similar, no Viruá e na Ducke as comunidades de espécie foram influenciadas pelo volume de serrapilheira (esta variável não foi avaliada em Maracá) tanto com o esforço máximo, como com o reduzido. A influência da serrapilheira sobre a comunidade de espécies de formigas tem sido observada por outros autores. Na Amazônia Central, a abundância de formigas aumenta conforme o acúmulo de serrapilheira manipulada experimentalmente (Höfer *et al.*, 1996) e a redução da abundância de cupins e formigas foi detectada em policultivos, atribuída à menor quantidade serrapilheira (Höfer *et al.*, 2001). Quando testei com o nível taxonômico de gêneros, a influência da serrapilheira sobre a composição das formigas no Viruá permaneceu, entretanto, o padrão não se manteve na Ducke, o que leva a crer que outros fatores que não foram medidos neste trabalho possam estar interferindo neste resultado.

A inclinação do terreno foi medida na Ducke e em Maracá. Na Ducke, esta variável exerceu um efeito forte somente sobre a comunidade de espécies de formigas capturada com o uso do esforço máximo, os três métodos e a combinação de armadilha pitfall e Winkler. A influencia da inclinação do terreno sobre a comunidade de espécies de formigas coletadas apenas com um método (armadilha pitfall) já foi registrado na Reserva Ducke (Oliveira *et al.*, 2009). Entretanto, com menor número de sub-amostras, detectei muita perda de informação. Por outro lado a comunidade de os gêneros, o padrão ficou inconsistente; para os três métodos o padrão só foi detectado com o esforço reduzido e com a armadilha pitfall e Winkler só com esforço máximo. Essa inconsistência na detecção do padrão ecológico com o nível taxonômico de gênero

possivelmente pode ser explicada pelo fato de quanto menor a magnitude da variável, maior resolução taxonômica (espécie ou morfoespécie) seria necessária pra capturar seu efeito sobre comunidade. A influência desta variável na Ducke seria esperada uma vez que a reserva possui um relevo muito ondulado, com presença de platôs e baixios, ao contrário de Maracá que tem pouca variação no relevo. A abertura do dossel exerceu forte influência sobre a composição de espécies e de gêneros de formigas coletada com o esforço máximo e com o esforço reduzido em Viruá, um ambiente com muita variabilidade ambiental, com muitas áreas com vegetação escassa. Em Maracá, ambiente com menor heterogeneidade ambiental, o poder de predição da abertura de dossel é reduzido quando usei a resolução taxonômica de gênero. Estudos prévios já indicaram o efeito desta variável. A riqueza e a biomassa das formigas são enormes em ambientes de floresta levemente quentes e abertos; as comunidades são dominadas numericamente e funcionalmente por Dolichoderinae em florestas australianas (Andersen & Patel, 1994). As espécies generalistas (*Crematogaster* e outros Myrmicinae) são subdominantes nestes tipos de ambiente, porém são dominantes em habitats levemente quentes e sombreados (Andersen, 1997a). Em ambientes sombreados de fragmentos florestais existe uma quantidade muito maior de formigas e ninhos quando comparado com áreas abertas ou clareiras (Watt *et al.*, 2002 e Reyes-López *et al.*, 2003). Em fragmentos florestais no México, a cobertura do dossel influenciou a presença de ninhos de formiga na serrapilheira (Armbrecht & Perfecto, 2003). O estresse por calor, medido indiretamente por cobertura do dossel, afetou o padrão de distribuição das formigas entre os dois sítios estudados na reserva da ilha de Barro Colorado (BCI) (Levings, 1983).

Como visto acima, há perda de informação quando utilizei a comunidade de gêneros para validar a eficácia dos protocolos de coleta. Futuros estudos devem ser efetuados para investigar as possíveis causas desta diferenças, uma vez que com o uso de gêneros assumimos que todas as espécies dentro de um gênero possuem nicho ecológico e padrão de distribuição similar.

Em resumo, os protocolos sugeridos aqui fornecem uma ferramenta rápida para investigar os padrões espaciais e temporais da estrutura de comunidades de formigas em florestas tropicais. A redução do esforço e do número de métodos de coleta não afetou a capacidade de detectar efeitos ambientais mais determinantes da composição da comunidade de espécies de formigas, como a porcentagem de argila e a abertura de dossel. Porém, dependendo da área em estudo, a

utilização de nível taxonômico de gênero pode resultar em perda da informação ecológica para as variáveis ambientais de menor magnitude. Contudo, os efeitos ambientais mais fortes, como a porcentagem de argila e abertura do dossel ainda poderiam ser detectados com o uso da resolução taxonômica de gêneros de formigas e com a redução do esforço máximo no inventário. Com isto, as principais mudanças ocorrendo em uma área poderiam ser rapidamente obtidas a baixo custo.

## Conclusões Gerais

Os métodos não são totalmente complementares tanto para espécies/morfoespécies quanto para gêneros, possibilitando a redução no número de métodos de coleta sem perder a qualidade da informação. Pela primeira vez, é registrado que o padrão observado para a redução do esforço para o inventário da comunidade de formigas (espécies/morfoespécies e gêneros) em uma floresta ombrófila densa da Amazônia Oriental, também se repete com a redução do esforço em comunidades de formigas de três áreas com diferentes fisionomias florestais na Amazônia Central (Viruá, Maracá e Ducke). De maneira similar, um mesmo método de coleta, seja o Winkler, a armadilha pitfall ou a isca, amostrou comunidades distintas nas três áreas.

A redução do número de sub-amostras por parcela não afetou a capacidade dos métodos capturarem o padrão da comunidade coletada com o esforço máximo (10 sub-amostras por parcela), este padrão foi constante utilizando os dois níveis taxonômicos empregados neste estudo, espécies e gêneros. Mesmo com a redução do número de espécies e de gêneros, a composição de formigas continuará sendo bem amostrada com esforço reduzido, mantendo 70% ou mais da similaridade em comparação ao esforço máximo tanto para espécies/morfoespécies quanto para gêneros nas três áreas.

A utilização da combinação armadilha pitfall e Winkler capturou mais de 90% do padrão da comunidade coletada com os três métodos, mantendo a informação e reduzindo o tempo e o custo da coleta. Além de reduzir a divulgação de resultados. Esta combinação também foi eficiente ao ser testado o nível taxonômico de gênero, capturando no mínimo 93% de informação da comunidade reforçando a eficiência da combinação armadilha pitfall e Winkler.

As análises de regressão múltipla multivariada com as variáveis ambientais indicaram que os padrões ecológicos detectados com esforço máximo, se mantiveram nas três áreas de estudo quando foi utilizado o esforço reduzido tanto para espécies/morfoespécies quanto para gêneros. Porém, dependendo da área em estudo, a utilização de nível taxonômico de gênero pode resultar em perda da informação ecológica para as variáveis ambientais de menor magnitude. Contudo, este fato indica a eficácia dos métodos de coleta e suas combinações em capturar a informação ecológica e mantê-la com um número menor de sub-amostras, mesmo com a conseqüente redução do número de espécies/morfoespécies ou gêneros de formigas capturadas,

resultando no aumento do custo-benefício do projeto e na redução do tempo da divulgação dos resultados.

Os resultados acima indicam o potencial para reduzir consideravelmente os custos dos protocolos de coleta de formigas através da redução do número de sub-amostras por parcela amostrada, do número de métodos de coleta, e da combinação das duas possibilidades de redução de esforço. E ainda a possibilidade de utilizar os gêneros como substitutos de espécies. A partir deste precedente que foi avaliado nas três áreas de reserva situadas no Amazonas e em Roraima, pode-se supor que este potencial pode ser aplicado em outros ambientes similares aos que foram inventariados.

## Referências Bibliográficas

- Adis, J.; Schubart, H.O.R. Ecological research on arthropods in Central Amazonian forest ecosystems with recommendations for study procedures. In: Cooley, J.H.; Golley, F.B. (Eds.). Trends in ecological research for the 1980s. NATO Conference Series, Series I: Ecology, Plenum Press, NY, 1984. p.111-144.
- Alonso, L. E. & Agosti, D. 2000. Biodiversity studies, Monitoring, and Ants: An Overview, p. 1-8. In D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso & T. R. Schultz (eds.), Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., USA.
- Andersen, A. N. & Patel, A. D. 1994. Meat ants as dominant members of Australian ant communities: an experimental test of their influence on the foraging success and forager abundance of other species. *Oecologia* 98:15-24.
- Andersen, A. N. 1995a. A classification of Australian ant communities based on functional groups which parallel plant life-form in relation to stress and disturbance. *Journal of Biogeography* 22: 2297-2311.
- Andersen, A. N. 1995b. Measuring more of biodiversity: genus richness as a surrogate for species richness in Australian ant faunas. *Biological Conservation* 73:39-43.
- Andersen, A. N. 1997a. Functional groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparison with Australia. *Journal of Biogeography* 24:433-460.
- Andersen, A. N. 1997b. Using ants as bioindicators: Multiscale issues en ant community ecology. Conservation Ecology [Online] 1:8. Em [www.consecol.org/vol1/iss1/art8](http://www.consecol.org/vol1/iss1/art8)
- Andersen, A. N., Hoffman, B. D., Müller, W. J., Griffiths, A. D. 2002. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. *Journal of Applied Ecology*. 39:8-17.
- Andersen, A. N.; Fisher, A.; Hoffmann, B. D.; Read, J. L.; & Richards, R. 2004. Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australia rangelands, with particular reference to ants. *Austral Ecology*. 29:87-92.
- Andersen, A. N. & Majer, J. D. 2004. Ants show the way down under: invertebrates as bioindicators in land management. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2(6):291-298.
- Armbrecht, I. & Perfecto I. 2003. Litter-twig dwelling ant species richness and predation potential within a forest fragment and neighboring coffee plantations of contrasting habitat quality in México. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 97:107-115.
- Baccaro, F. B.; Drucker, D. P.; Do Vale, J.; Oliveira, M. L.; Magalhães, C.; Lepsch-Cunha, N.; Magnusson, W. E. 2008. A Reserva Ducke, p. 11-20. In M. L. Oliveira, F. B. Baccaro, Braga-

Neto, R. & W. E. Magnusson (Eds.). Reserva Ducke: A biodiversidade através de uma grade. Attema Desing Editorial, Manaus, Brasil.

Balmford, A. 1996. Extinction filters and current resilience: the significance of past selection pressures for conservation biology. *Trends Ecology. Evolution.*, 11, 193–196.

Beattie, A. J. & Oliver, I. 1994. Taxonomic minimalism. *Trends in Ecology & Evolution.* 9:488-490.

Bestelmeyer, B. T., Agosti D., Leeanne F., Alonso T., Brandão C. R. F., Brown W. L., Delabie J. H. C., & Silvestre R., 2000. Field techniques for the study of ground-living ants: An Overview, description, and evaluation, p. 122-144. In D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso & T. R. Schultz (eds.), *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., USA.

Braga-Neto, R., Luizão, R. C. C., Magnusson, W. E., Zuquim, G., Castilho, C. V. 2008. Leaf litter fungi in a Central Amazonian forest: the influence of rainfall, soil and topography on the distribution of fruiting bodies. *Biodiversity Conservation.* 17:2701-2712.

Brühl, C. A., Eltz T. & Linsenmair K. E. 2003. Size does matter - effects of tropical rainforest fragmentation on the leaf litter ant community in Sabah, Malaysia. *Biodiversity and Conservation.* 12:1371-1389.

Byrne, M. M. 1994. Ecology of twig-dwelling ants in a wet lowland tropical forest. *Biotropica.* 26:61-72.

Chauvel, A., Lucas, Y. & Boulet, R. 1987. On the genesis of soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. *Experientia.* 43:234-241.

Chsut , G.; Pretus, J. L.; Ducrot, D.; Bedós, A.; Deharveng, L. 2003. Identification of landscape units from an insect perspective. *Ecography*, v.26, p.257–268.

Coddington, J.A., Griswold, C.E., Davila, D.S., Penaranda, E., Larcher, S.F. 1991. Designing and testing sampling protocols to estimate biodiversity in tropical ecosystems. *The Unity of Evolutionary Biology*, Vol. 1 (ed. E.C. Dudley), pp. 44-60. Dioscorides Press, Portland, OR.

Costa, F. R. C., Magnusson, W. E., Luizão, R.C. 2005 Mesoscale distribution patterns of Amazonian understorey herbs in relation to topography, soil and watersheds. *Journal Ecology.* 93:863-878.

Delabie J. H. C., Fisher, B. L., Majer, J. D. & Wriqth, I. W., 2000. Sampling effort and choice of methods, p. 145-154. In D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso & T. R. Schultz (eds.), *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., USA.

- Ellis, D. 1985. Taxonomic sufficiency in pollution assessment. *Marine Pollution Bulletin*. 16:459.
- Evans, T.D.; Viengkham, O.V. 2001. Inventory time-cost and statistical power: a case study of a Lao rattan. *Forest Ecology and Management*, v.150, p.313-322.
- Fagundes, E. P. 2003. Efeitos de fatores do solo, altitude e inclinação do terreno sobre os invertebrados da serrapilheira, com ênfase em Formicidae (Insecta, Hymenoptera) de reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado. INPA/UFAM. Manaus – Am 70p.
- Ferraro, S.P., Cole, F.A. & Olsen, A.R. 2006. A more cost-effective map benthic macrofaunal sampling protocol. *Environmental Monitoring and Assessment*, 116: 275–290.
- Fisher, B.L. 1999 Improving inventory efficiency: a case study of leaf-litter ant diversity in Madagascar. *Ecological Monographs*. 9: 714–31.
- Fittkau, E. J. & Klinge H., 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica*. 5:2-14.
- Gámez, R. 1991. Biodiversity conservation through facilitation of its sustainable use: Costa Rica's National Biodiversity Institute. *Trends in Ecology & Evolution*. 6:377-378.
- Garden, J. G., McAlpine, C. A., Possingham, H. P. and Jones, D. N. 2007. Using multiple survey methods to detect terrestrial reptiles and mammals: What are the most successful and cost-efficient combinations?. *Wildlife Research*. 34 (3): 218-227.
- Gardner, T. A., Barlow, J., Araújo, I., Ávila-Pires, T. C., Bonaldo, A. B., Costa, J. E., Espósito, M. C., Ferreira, L. V., Hawes, J., Hernandez, M. I. M., Hoogmoed, M. S., Leite, R. N., Lo-Man-Hung, N.F., Malcom, J. R., Martins, M. B., Mestre, L. A. M., Miranda-Santos, R., Overal, W. L., Parry, L., Peters, S. L., Ribeiro-Junior, M. A., Silva, M. N. F., Motta, C. S., Peres, C. A. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. 2008. *Ecology Letters*. 11: 139-150.
- Gaston, K.J., Williams, P.H., 1993. Mapping the world's species – the higher taxon approach. *Biodiversity Letters*. 1, 2–8.
- Grantham, H.S., Moilanen, A. Wilson, K.A., Pressey, L.R., Rebelo, T.G., Possingham, H.P. 2008. Diminishing return on investment for biodiversity data in conservation planning. *Conservation Letters* 1, 190–198
- Guimarães, R. L. 2003. Topografia, serrapilheira e nutrientes do solo: Análise dos seus efeitos sobre a mesofauna do solo na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, Am, Brasil. Dissertação de Mestrado. INPA/UFAM. Manaus – Am, 74p

- Hawkins, C. P.; Norris, R. H.; Houge, J. N.; & Feminella, J. W. 2000. Development and evaluation of predictive models for measuring the biological integrity of streams. *Ecology Applications*. 10:1456-1477.
- Hilty, J. & Merenlender, A. 2000. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation*. 92:185-197.
- Hoefler, H., Martius, C., Beck, L. 1996. Decomposition in an Amazonian rainforest after experimental litter addition in small plots. *Pedobiologia*. 40:570-576.
- Hoefler, H., Hanagarth, W., Garcia, M. V. B., Martius, C., Franklin, E., Römbke, J., Beck, L. 2001. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. *European Journal of Soil Biology*. 37: 229-235.
- Hoffmann, B. D., Andersen, A. N. 2003. Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to the functional groups. *Austral Ecology*. 28: 444-464.
- Hölldobler, B. & Wilson E. O. 1990. *The Ants*. Harvard University Press, MA, USA.
- Hubbell, S. P. & Foster R. B. 1992. Short-term dynamics of a neotropical forest: why ecological research matters to tropical conservation and management. *Oikos*. 63:48-61.
- IBAMA, 2009. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. ESEC Maracá, Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/siucweb/mostraUc.php?seqUc=19>
- PARNA Viruá, Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/siucweb/mostraUc.php?seqUc=113>
- Janzen, D. H. 1991. How to save tropical biodiversity. *American Entomologist*. 37:159-171.
- Jiménez-Valverde, A., Lobo, J. M. 2006. Distribution Determinants of Endangered Iberian Spider *Macrothele calpeiana* (Araneae, Hexathelidae). *Environmental Entomology*. 35(6): 1491-1499.
- Kaspari, M. & Weiser, M. D. 2000. Ant activity along moisture gradients in a neotropical forest. *Biotropica* 32:703-711.
- 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.
- Lacroix, G., Arbadie, L. 1998. Linking biodiversity and ecosystem function: an introduction. *Acta Oecologica* 19(3):189-193. Lal De, B. & Conacher, A.J. 1990. The role of termites and ants in soil modification - a review. *Australian Journal of Soil Research*. 28(1) 55-93.
- Lawton, H.H.; Bignell, D.E.; Bolton, B.; Bloemers, G.F.; Eggleton, P.; Hammond, P.M.; Hodda, M.; Holts, R.R.; Larsen, T.T.; Mawdsley, N.A.; Stork, N.E.; Srivastava, D.S.; Watt, A.D.

Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forests, *Nature*, v.391, p.72-75, 1998.

Levings, S. C. 1983. Seasonal, annual, and among-site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: some causes of patchy species distributions. *Ecological Monographs*. 53:435-455.

Levings, S. G. & Franks, N. R. 1982. Patterns of nest dispersion in a tropical ground ant community. *Ecology*. 63:338-344.

Lobry de Bruyn, L. A. 1999. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 74:425-441.

Longino, J. T. 1994. How to measure arthropod diversity in a tropical rainforest. *Biology International*. 28:3-13.

Longino, J. T. & Cowell, R. K. 1997. Biodiversity assessment using structured inventory: Capturing the ant fauna of a tropical rainforest. *Ecological Applications*. 7:1263-1277.

Longino, J. T., Coddington J., & Colwell R. K. 2002. The ant fauna of a Tropical rain Forest: Estimating species richness three different ways. *Ecology*. 83:689-702.

Magnusson, W. E., Lima, A. P., Luizão, R., Luizão, F., Costa, F. R. & Castilho, C. V. 2005. Rapeld: a modification of the gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica*, 5 (2).

Magnusson, W. E., Costa, F., Lima, A., Baccaro, F. B., Braga-Neto, R., Romero, R. L., Menin, M., Penha, J., Hero, J. M. & Lawson, B. E. 2008. A Program for Monitoring Biological Diversity in the Amazon: An Alternative Perspective to Threat-based Monitoring. *Biotropica*. 40(4): 409-411.

Maurer, D. 2000. The dark side of taxonomic sufficiency (TS). *Marine Pollution Bulletin*. 40(2): 98-101.

McGregor, D. F. & Eden, M. J. 1998. Geomorphology of the Ilha de Maracá. In. W. Milliken & J. Ratter (Eds.). Maracá: The Biodiversity and environment of an Amazonian rainforest pp. 25-46. John Wiley & Sons, Chichester, UK.

Menin, M., Lima, A. P., Magnusson, W. E., Waldez, F. 2007. Topographic and edaphic effects on the distribution of terrestrially reproducing anurans in Central Amazonia: mesoscale spatial patterns. *Journal of Tropical Ecology*. 23:539-547.

Moreno, C.E., Guevara, R., Sánchez-Rojas, G., Téllez, D. & Verdú, J.R. 2008. Community level patterns in diverse systems: A case study of litter fauna in a Mexican pine-oak forest using higher taxa surrogates and re-sampling methods. *Acta Oecologica*. 33(1): 73-84.

- Moura, C. A. R. 2005. Esforço amostral e ecologia de formigas de liteira, com ênfase em *Gnamptogenys* e *Pachycondyla* (Hymenoptera, Formicidae) em uma floresta de terra firme na Amazônia Oriental. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 34 pp.
- Nascimento, M. T. 1997. Estrutura e diversidade das florestas de terra firme da Ilha de Maracá, Roraima. In: R. I. Barbosa, E. J. G. Pereira & E. G. Castellón (Eds.). Homem, ambiente e ecologia em Roraima, pp 417-443. Editora INPA, Boa Vista, Roraima, Brasil.
- Oliver, I. & Beattie, A. J. 1993. A Possible method for the rapid assessment of biodiversity. *Conservation Biology*. 7(3): 562-568.
- Oliver, I. & Beattie A. J., 1996a. Designing a cost-effective invertebrate survey: a test of methods for rapid assessment of biodiversity. *Ecological Applications*. 6(2):594-607.
- Oliver, I. & Beattie A. J., 1996b. Invertebrate morphospecies as surrogate for species: a case study. *Conservation Biology* 10:99-109.
- Oliver, I.; Pik, A.; Britton, D.; Dangerfield, J. M.; Cowell, R. K. & Beattie, A. J. 2000. Virtual biodiversity assessment system. *Bioscience* (50)5.
- Olsgard, F.; Brattegard, T. & Holthe, T. 2003. Polychaetes as surrogates for marine biodiversity: lower taxonomic resolution and indicator groups. *Biodiversity and Conservation*.12:1033-1049.
- Olson, D. M. 1991. A Comparison of the Efficacy of Litter Sifting and Pitfall Traps for Sampling Leaf Litter Ants (Hymenoptera, Formicidae) in a Tropical Wet Forest, Costa Rica. *Biotropica*, 23, 166-172.
- Parr, C.L.; Chow, S.L. Inventory and bioindicator sampling: testing Pitfall and Winkler methods with ants in a South African savanna. *Journal Insect Conservation*, v.5, p.27-36, 2001.
- Pik, A. J., Oliver I., & Baettie A J., 1999. Taxonomic sufficiency in ecological studies of terrestrial invertebrates. *Australian Journal of Ecology* 24:555-562.
- Pinto, M. G. M., Magnusson, W. E., Lima, A. P. 2008. Lagartos.p.99-108 In: M. L. Oliveira, F. B. Baccaro, Braga-Neto, R. & W. E. Magnusson (Eds.). Reserva Ducke: A biodiversidade através de uma grade. Attema Desing Editorial, Manaus, Brasil.
- Purvis, A.; Hector, D A. Getting the measure of biodiversity. *Nature*, v.405, p.212-219, 2000.
- RADAMBRASIL. Folha SA. 22. Belém: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974. (Levantamento de Recursos Naturais, 3).

R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acessado em: 5 Março. 2008.

Reyers B., Van Jaarsveld A.S., Kruger M. 2000. Complementarity as a biodiversity indicator strategy. *Proceedings of the Royal Society of London B* 267: 505-513. Reyes-López, J., Ruiz N. & Fernández-Haeger J. 2003. Community structure of grounds-ants: the role of single trees in a Mediterranean pastureland. *Acta Oecologica* 24:195-202.

Rosenberg, D. M.; Danks, H. V. & Lehmkuhl, D. M. 1986. Importance of insects in environmental impact assesement. *Enviroment Management*. 10:773-783.

Roy, D.B., Rothery, P. & Brereton, T. 2007. Reduced-effort schemes for monitoring butterfly populations. *Journal of Applied Ecology*. 44: 993–1000Ribeiro, M. N. G., Adis, J. 1984. Local rainfall variabiliyt – a potential bias for bioecological studies in the Central Amazon. *Acta Amazonica*. 14(1/2): 159-174.

Santos E.M.R. 2005. Diversidade, distribuição de ácaros oribatídeos em área de savana amazônica e análise do esforço amostral no campo e em laboratório nos padrões vistos na comunidade de Alter do Chão, no Pará. Tese de Doutorado Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil. 123pp.

Santos, E. M. R.; Franklin, E.; Magnusson, W. E. 2008. Cost- efficiency of subsampling protocols to evaluate oribatid-mite communities in an Amazonian savanna. *Biotropica*, v.40(6), p.728-735.

Souza, J. L. P. 2005. Avaliação do esforço amostral na coleta de formigas de liteira do gênero *Crematogaster* Lund, 1831 (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) numa floresta primaria, Caxiuanã – PA, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 61 pp.

Souza, J. L. P., Moura, C. A. R., Harada, A. Y., & Franklin, E. 2007. Diversidade de espécies dos gêneros de *Crematogaster*, *Gnamptogenys* e *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) e complementaridade dos métodos de coleta durante a estação seca numa estação ecológica no estado do Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, 37 (4), 649 - 656.

Souza, J. L. P., Moura, C. A. R. & Franklin, E. 2009a. Cost-efficiency and information reduction in inventories of ants in an Amazonian forest reserve. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. (no prelo).

Souza, J. L. P., Moura, C. A. R. & Franklin, E. 2009b. Complementaridade de métodos e redução de esforço amostral em inventários de *Crematogaster*, *Gnamptogenys* e *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) na Floresta Nacional de Caxiuanã In: Lisboa, P.L.B. (Org.).

Caxiuanã: desafios para a conservação de uma Floresta na Amazônia. Belém: MPEG, 668 p. il. No prelo. ISBN: 978-85-61377-07-6.

Theunis, L., Gilbert, M., Roisin, Y. & Leponce, L. 2005. Spatial structure of litter-dwelling ant distribution in a subtropical dry forest. *Insectes Sociaux*. 52: 366-377.

Uhl, C., Vieira, I.C.G., 1989. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas region of the State of Pará. *Biotropica*. 21:91–106.

Underwood, E. & Fisher, B.L. 2006. The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how. *Biological conservation*, 132: 166-182.

Vasconcelos, H. L. 2006. Patterns of diversity and responses to Forest disturbance by ground-dwelling ants in Amazonia, p. 129-141. In: F.M.S. Moreira, J.O. Siqueira & L. Brussaard (eds.) Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems. CABI Publishing, Cambridge, USA.

Vasconcelos, H. L., Macedo, A. C. C. & Vilhena, J. M. S. 2003. Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in Amazonian forest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 38:115-124.

Vasconcelos, H. L. & Vilhena, J. M. S. 2006. Species Turnover and Vertical Partitioning of Ant Assemblages in the Brazilian Amazon: A Comparison of Forests and Savannas. *Biotropica*, 38(1): 100–106

Wagner, D., Jones, J. B., Gordon, D. M. 2004. Development of harvester ant colonies alters soil chemistry. *Soil Biology & Biochemistry*. 36:797–804.

Wang, C.; Strazanac, J.; Butler, L. 2001. A comparison with pitfall traps with bait traps for studying leaf litter ant communities. *Journal of Economic Entomology*, v94(3), p.761-765.

Watt, A. D., Stork N. E. & Bolton B. 2002. The diversity and abundance of ants in relation to forest disturbance and plantation establishment in southern Cameroon. *Journal of Applied Ecology* 39:18-30.

Williams, P. H. & Gaston, K. J. 1994. Measuring more of biodiversity: Can higher-taxon richness predict wholesale species richness? *Biological Conservation* 67:211-217.

Wilson, E. O. 1987. The little things that run the world. *Conservation Biology* (1) 4:344-346.

Wu, R. S. S. 1982. Effects of taxonomic uncertainty on species diversity indices. *Marine Environmental Research* 6:215-225.

Zuquim, G.; Costa, F. R. C.; Prado, J. 2007. Redução de esforço amostral vs. retenção de informação em inventários de pteridófitas na Amazônia Central. *Biota Neotropica*, v.7, p.217-223.

## Apêndices

Apêndice I. Lista de espécies/morfoespécies distribuídas por métodos de coleta (Winkler, armadilha pitfall e isca de sardinha) em três grades PPBio (Ducke, Maracá e Viruá).

Subfamília	Gênero	Espécie	Reserva	Reserva	Reserva	ESEC	ESEC	ESEC	PARNA	PARNA	PARNA
			Ducke	Ducke	Ducke	Maracá	Maracá	Maracá	Viruá	Viruá	Viruá
			Isca	Pitfall	Winkler	Isca	Pitfall	Winkler	Isca	Pitfall	Winkler
Amblyoponinae	<i>Prionopelta</i>	<i>punctulata</i>		X	X						
Cerapachyinae	<i>Acanthostichus</i>	sp. 01		X							
Dolichoderinae	<i>Azteca</i>	sp. 01	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Dolichoderus</i>	<i>bispinosus</i>		X		X	X			X	
	<i>Dolichoderus</i>	<i>cf. atelaboides</i>					X		X		
	<i>Dolichoderus</i>	sp. 01		X							
	<i>Dolichoderus</i>	sp. 02		X							
	<i>Dolichoderus</i>	sp. 03		X			X				X
	<i>Dolichoderus</i>	sp. 05		X			X			X	
	<i>Dolichoderus</i>	sp. 07				X					
	<i>Dolichoderus</i>	sp. 08					X				
	<i>Dolichoderus</i>	sp. 09					X				
	<i>Dolichoderus</i>	sp. 10					X				
	<i>Dolichoderus</i>	sp. 11					X		X		
	<i>Dolichoderus</i>	sp. 12					X				
	<i>Dolichoderus</i>	sp. 13					X				
	<i>Dorimyrmex</i>	sp. 01									X
	<i>Linepithema</i>	sp. 01					X				
	Ecitoninae	<i>Tapinoma</i>	sp. 01		X						
<i>Eciton</i>		<i>burchellii</i>					X			X	
<i>Eciton</i>		<i>dulcius</i>		X							
<i>Eciton</i>		<i>rapax</i>		X							
<i>Labidus</i>		<i>coecus</i>		X			X			X	
<i>Labidus</i>		<i>mars</i>		X							
<i>Labidus</i>		<i>praedator</i>		X						X	
<i>Labidus</i>		<i>spininodis</i>		X			X				
<i>Neivamyrmex</i>		<i>gibbatus</i>		X						X	
<i>Neivamyrmex</i>		sp. 01		X						X	
<i>Neivamyrmex</i>		sp. 02		X							
<i>Neivamyrmex</i>		sp. 03		X							
<i>Neivamyrmex</i>		sp. 04		X							
<i>Neivamyrmex</i>		sp. 05						X			
<i>Neivamyrmex</i>		sp. 06						X			
<i>Nomamyrmex</i>		<i>esenbeckii</i>			X						
<i>Nomamyrmex</i>		<i>hartigi</i>			X						
Ectatomminae	<i>Ectatomma</i>	<i>brunneum</i>							X	X	
	<i>Ectatomma</i>	<i>edentatum</i>	X	X	X	X	X		X	X	X
	<i>Ectatomma</i>	<i>lugens</i>	X	X		X	X		X	X	X
	<i>Ectatomma</i>	<i>tuberculatum</i>	X			X	X		X	X	
	<i>Gnamptogenys</i>	<i>lineolata</i>					X				

	<i>Gnamptogenys</i>	<i>moelleri</i>		X					X	
	<i>Gnamptogenys</i>	sp. 01	X	X					X	X
	<i>Gnamptogenys</i>	sp. 02		X						
	<i>Gnamptogenys</i>	sp. 03		X	X					
	<i>Gnamptogenys</i>	sp. 04		X			X			
	<i>Gnamptogenys</i>	sp. 05			X					
	<i>Gnamptogenys</i>	sp. 06					X			
	<i>Gnamptogenys</i>	sp. 07					X			
	<i>Gnamptogenys</i>	<i>tortuolosa</i>		X			X			
Formicinae	<i>Acropyga</i>	sp. 01		X	X		X		X	
	<i>Acropyga</i>	sp. 02		X			X			
	<i>Brachymyrmex</i>	<i>heeri</i>	X	X		X	X	X	X	X
	<i>Camponotus</i>	<i>femoratus</i>						X		
	<i>Camponotus</i>	<i>latangulus</i>						X		
	<i>Camponotus</i>	<i>novogranadensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Camponotus</i>	<i>rapax</i>	X	X	X			X	X	
	<i>Camponotus</i>	<i>sericeiventris</i>						X	X	
	<i>Camponotus</i>	sp. 02		X			X			X
	<i>Camponotus</i>	sp. 04		X						X
	<i>Camponotus</i>	sp. 05	X	X			X			
	<i>Camponotus</i>	sp. 06		X			X	X		X
	<i>Camponotus</i>	sp. 07		X			X			
	<i>Camponotus</i>	sp. 08		X						
	<i>Camponotus</i>	sp. 09		X			X			X
	<i>Camponotus</i>	sp. 10		X						
	<i>Camponotus</i>	sp. 11			X					X
	<i>Camponotus</i>	sp. 13					X	X		X
	<i>Camponotus</i>	sp. 14					X			X
	<i>Camponotus</i>	sp. 15								X
	<i>Camponotus</i>	sp. 16					X			
	<i>Gigantiops</i>	<i>destructor</i>	X	X		X	X			X
	<i>Paratrechina</i>	sp. 01	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Paratrechina</i>	sp. 02	X	X	X	X	X	X		X
	<i>Paratrechina</i>	sp. 03	X	X		X	X			X
	<i>Paratrechina</i>	sp. 04					X		X	
Myrmicinae	<i>Acanthognathus</i>	sp. 01		X						
	<i>Acanthognathus</i>	sp. 02								X
	<i>Acromyrmex</i>	sp. 01		X						
	<i>Acromyrmex</i>	sp. 02				X	X			
	<i>Allomerus</i>	<i>vogeli</i>								X
	<i>Apterostigma</i>	sp. 01		X			X			X
	<i>Apterostigma</i>	sp. 02		X			X			X
	<i>Apterostigma</i>	sp. 03		X	X					
	<i>Apterostigma</i>	sp. 04		X	X		X			
	<i>Atta</i>	sp. 01	X	X			X	X		X
	<i>Atta</i>	sp. 02		X			X			X
	<i>Blepharidatta</i>	<i>brasiliensis</i>	X	X	X					
	<i>Carebara</i>	sp. 01		X	X	X	X			X
	<i>Carebara</i>	sp. 02		X	X					
	<i>Carebara</i>	sp. 03			X					

<i>Carebara</i>	sp. 04				X		X	X		X
<i>Carebara</i>	sp. 05									X
<i>Cephalotes</i>	sp. 01						X		X	X
<i>Cephalotes</i>	sp. 02									X
<i>Cephalotes</i>	sp. 03		X				X			X
<i>Cephalotes</i>	sp. 04		X							
<i>Cephalotes</i>	sp. 05		X							
<i>Cephalotes</i>	sp. 06						X			X
<i>Cephalotes</i>	sp. 07						X			X
<i>Cephalotes</i>	sp. 08									X
<i>Cephalotes</i>	sp. 09									X
<i>Crematogaster</i>	<i>brasilensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Crematogaster</i>	<i>curvispinosa</i>	X								
<i>Crematogaster</i>	<i>erecta</i>	X	X	X	X	X				
<i>Crematogaster</i>	<i>evallans</i>									X
<i>Crematogaster</i>	<i>flavomicrops</i>		X							
<i>Crematogaster</i>	<i>flavosensitiva</i>	X	X	X	X	X		X		X
<i>Crematogaster</i>	<i>jardineiro</i>							X		
<i>Crematogaster</i>	<i>levior</i>			X						
<i>Crematogaster</i>	<i>limata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Crematogaster</i>	<i>longispina</i>					X				
<i>Crematogaster</i>	<i>nigropilosa</i>							X		X
<i>Crematogaster</i>	<i>sotobosque</i>	X	X	X		X				
<i>Crematogaster</i>	sp. 01	X	X							
<i>Crematogaster</i>	sp. 02		X							
<i>Crematogaster</i>	sp. 03		X							
<i>Crematogaster</i>	sp. 04		X							
<i>Crematogaster</i>	sp. 05		X							
<i>Crematogaster</i>	sp. 06						X	X		
<i>Crematogaster</i>	<i>stollii</i>		X							
<i>Crematogaster</i>	<i>tenuicula</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Crematogaster</i>	<i>torosa</i>					X				
<i>Cyphomyrmex</i>	<i>cf. lectus</i>			X						
<i>Cyphomyrmex</i>	<i>cf. peltatus</i>		X	X		X				X
<i>Cyphomyrmex</i>	<i>laevigatus</i>		X	X		X				
<i>Cyphomyrmex</i>	<i>rimosus</i>									X
<i>Cyphomyrmex</i>	sp. 01		X							
<i>Daceton</i>	<i>armigerum</i>						X			X
<i>Eurhopalothrix</i>	sp. 01			X						
<i>Hylomyrma</i>	sp. 01			X						
<i>Lachnomyrmex</i>	<i>amazonicus</i>			X						
<i>Megalomyrmex</i>	<i>balzani</i>	X	X		X					
<i>Megalomyrmex</i>	<i>leoninus</i>						X		X	X
<i>Megalomyrmex</i>	sp. 02		X	X				X		X
<i>Megalomyrmex</i>	sp. 04		X	X						
<i>Megalomyrmex</i>	sp. 05			X			X			
<i>Megalomyrmex</i>	sp. 06						X			
<i>Monomorium</i>	<i>floricola</i>				X			X	X	
<i>Monomorium</i>	<i>pharaonis</i>	X	X		X	X				
<i>Mycocepurus</i>	<i>smithi</i>		X				X			

<i>Mycocrepus</i>	sp. 01		X			X	X		
<i>Myrmicocrypta</i>	sp. 01		X	X		X	X		
<i>Myrmicocrypta</i>	sp. 02			X				X	X
<i>Nesomyrmex</i>	<i>cf. asper</i>					X			
<i>Nesomyrmex</i>	<i>echinatinodis</i>					X			
<i>Nesomyrmex</i>	<i>pleuriticus</i>					X			
<i>Nesomyrmex</i>	sp. 01					X			
<i>Ochetomyrmex</i>	<i>semipolitus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Octostruma</i>	<i>iheringi</i>			X					
<i>Octostruma</i>	sp. 01	X	X						
<i>Oxyepoecus</i>	sp. 01					X			
<i>Pheidole</i>	<i>cephalica</i>	X	X	X	X	X		X	
<i>Pheidole</i>	<i>exigua</i>				X				
<i>Pheidole</i>	<i>fracticeps</i>	X	X	X	X	X			
<i>Pheidole</i>	<i>meinerti</i>	X	X	X	X	X		X	
<i>Pheidole</i>	sp. 01	X	X	X	X			X	
<i>Pheidole</i>	sp. 02	X	X	X	X				
<i>Pheidole</i>	sp. 04		X		X				
<i>Pheidole</i>	sp. 05				X	X			
<i>Pheidole</i>	sp. 06	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i>	sp. 07	X			X				
<i>Pheidole</i>	sp. 08	X	X	X	X	X			
<i>Pheidole</i>	sp. 09	X	X	X				X	
<i>Pheidole</i>	sp. 11	X	X	X	X	X			
<i>Pheidole</i>	sp. 12		X			X			
<i>Pheidole</i>	sp. 13	X	X		X	X	X	X	
<i>Pheidole</i>	sp. 14	X	X			X		X	
<i>Pheidole</i>	sp. 15	X	X	X		X			
<i>Pheidole</i>	sp. 16		X					X	
<i>Pheidole</i>	sp. 17		X	X					
<i>Pheidole</i>	sp. 18	X							
<i>Pheidole</i>	sp. 19	X	X	X		X			
<i>Pheidole</i>	sp. 21	X	X			X		X	
<i>Pheidole</i>	sp. 22		X	X		X		X	X
<i>Pheidole</i>	sp. 23	X	X					X	
<i>Pheidole</i>	sp. 24	X	X		X	X	X	X	
<i>Pheidole</i>	sp. 25	X	X	X	X	X			
<i>Pheidole</i>	sp. 26	X	X			X		X	
<i>Pheidole</i>	sp. 27	X	X			X		X	
<i>Pheidole</i>	sp. 28		X	X		X			
<i>Pheidole</i>	sp. 29	X	X	X		X			
<i>Pheidole</i>	sp. 30		X						
<i>Pheidole</i>	sp. 31	X	X	X		X			
<i>Pheidole</i>	sp. 32	X	X	X				X	
<i>Pheidole</i>	sp. 33		X			X			
<i>Pheidole</i>	sp. 34	X	X	X		X		X	
<i>Pheidole</i>	sp. 35		X	X		X			
<i>Pheidole</i>	sp. 36	X	X			X			
<i>Pheidole</i>	sp. 37	X	X	X		X			
<i>Pheidole</i>	sp. 38	X	X	X				X	

<i>Pheidole</i>	sp. 39	X	X	X	X			X	
<i>Pheidole</i>	sp. 40	X							
<i>Pheidole</i>	sp. 41		X						
<i>Pheidole</i>	sp. 42		X		X	X		X	
<i>Pheidole</i>	sp. 43		X					X	
<i>Pheidole</i>	sp. 44		X		X				
<i>Pheidole</i>	sp. 45		X						
<i>Pheidole</i>	sp. 46		X						
<i>Pheidole</i>	sp. 47		X	X	X				
<i>Pheidole</i>	sp. 48		X		X				
<i>Pheidole</i>	sp. 49		X	X	X				
<i>Pheidole</i>	sp. 50		X						
<i>Pheidole</i>	sp. 51		X						
<i>Pheidole</i>	sp. 52		X		X				
<i>Pheidole</i>	sp. 53		X						
<i>Pheidole</i>	sp. 54		X	X					
<i>Pheidole</i>	sp. 55		X	X	X				
<i>Pheidole</i>	sp. 56			X					
<i>Pheidole</i>	sp. 57				X		X	X	X
<i>Pheidole</i>	sp. 58			X					
<i>Pheidole</i>	sp. 59				X				
<i>Pheidole</i>	sp. 60				X		X	X	
<i>Pheidole</i>	sp. 61				X			X	
<i>Pheidole</i>	sp. 62				X				
<i>Pheidole</i>	sp. 63				X				X
<i>Pheidole</i>	sp. 64				X				
<i>Pheidole</i>	sp. 70				X		X	X	
<i>Pheidole</i>	sp. 71				X		X		
<i>Pheidole</i>	sp. 73						X		
<i>Pheidole</i>	sp. 75				X	X		X	
<i>Pheidole</i>	sp. 76				X			X	
<i>Pheidole</i>	sp. 77						X		
<i>Pheidole</i>	sp. 78				X	X		X	
<i>Pheidole</i>	sp. 79				X				
<i>Pheidole</i>	sp. 85				X			X	
<i>Pheidole</i>	sp. 101						X		
<i>Pheidole</i>	sp. 103						X		
<i>Pheidole</i>	sp. 104						X		
<i>Pheidole</i>	sp. 107						X		
<i>Pheidole</i>	sp. 108						X		
<i>Pheidole</i>	sp. 110						X		
<i>Pheidole</i>	sp. 111						X		
<i>Pheidole</i>	sp. 112						X		
<i>Procryptocerus</i>	sp. 01		X						
<i>Procryptocerus</i>	sp. 02				X				
<i>Pyramica</i>	sp. 01		X	X	X	X		X	X
<i>Pyramica</i>	sp. 02		X	X	X				
<i>Pyramica</i>	sp. 03		X	X	X				
<i>Pyramica</i>	sp. 04		X	X					
<i>Pyramica</i>	sp. 05			X	X				

<i>Pyramica</i>	sp. 06						X			
<i>Rhopalothrix</i>	sp. 01		X							
<i>Rogeria</i>	sp. 01		X	X						
<i>Rogeria</i>	sp. 02						X			
<i>Rogeria</i>	sp. 03						X			
<i>Sericomyrmex</i>	sp. 01		X				X			X
<i>Sericomyrmex</i>	sp. 02		X							
<i>Sericomyrmex</i>	sp. 03						X			X
<i>Sericomyrmex</i>	sp. 04						X			X
<i>Solenopsis</i>	<i>geminata</i>		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i>	sp. 01		X	X	X	X	X			X
<i>Solenopsis</i>	sp. 02	X	X	X	X	X	X			X
<i>Solenopsis</i>	sp. 03	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Solenopsis</i>	sp. 04		X	X	X	X	X			X
<i>Solenopsis</i>	sp. 05		X	X	X	X		X		X
<i>Solenopsis</i>	sp. 06	X	X	X	X	X	X			X
<i>Solenopsis</i>	sp. 07		X	X		X		X		X
<i>Solenopsis</i>	sp. 08	X								
<i>Solenopsis</i>	sp. 09	X	X	X		X				
<i>Solenopsis</i>	sp. 10			X		X				
<i>Solenopsis</i>	sp. 11				X	X				X
<i>Solenopsis</i>	sp. 12					X		X		
<i>Solenopsis</i>	sp. 13					X	X			
<i>Strumigenys</i>	sp. 01		X	X						
<i>Strumigenys</i>	sp. 02		X				X			
<i>Strumigenys</i>	sp. 03		X							
<i>Strumigenys</i>	sp. 04		X							
<i>Strumigenys</i>	sp. 05			X			X			X
<i>Strumigenys</i>	sp. 06			X						
<i>Strumigenys</i>	sp. 07			X						
<i>Strumigenys</i>	sp. 08						X			
<i>Strumigenys</i>	sp. 09							X		
<i>Trachymyrmex</i>	<i>bugnioni</i>		X							X
<i>Trachymyrmex</i>	<i>opulentus</i>		X				X			
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 01		X							
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 02		X	X						
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 03		X				X			
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 04		X				X			
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 05	X	X	X			X	X		X
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 06		X				X			X
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 07		X				X			X
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 08		X				X			
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 09		X				X			
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 10		X				X			X
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 11		X							
<i>Trachymyrmex</i>	sp. 12						X			X
<i>Wasmannia</i>	<i>auropunctata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Wasmannia</i>	<i>iheringi</i>		X							
<i>Wasmannia</i>	<i>rochai</i>						X	X		
<i>Wasmannia</i>	<i>scrobifera</i>		X							

	<i>Xenomyrmex</i>	<i>panamanus</i>							X
	<i>Xenomyrmex</i>	<i>stolli</i>			X				
Paraponerinae	<i>Paraponera</i>	<i>clavata</i>	X					X	
Ponerinae	<i>Anochetus</i>	<i>diegensis</i>	X	X				X	X
	<i>Anochetus</i>	<i>emarginatus</i>	X						
	<i>Anochetus</i>	<i>horridus</i>	X	X					
	<i>Centromyrmex</i>	<i>gigas</i>	X					X	
	<i>Hypoponera</i>	sp. 01	X	X				X	
	<i>Hypoponera</i>	sp. 02	X	X					
	<i>Hypoponera</i>	sp. 03	X	X				X	
	<i>Hypoponera</i>	sp. 04	X	X				X	X
	<i>Hypoponera</i>	sp. 05	X	X				X	
	<i>Hypoponera</i>	sp. 06	X	X				X	
	<i>Hypoponera</i>	sp. 07	X	X				X	X
	<i>Hypoponera</i>	sp. 08	X	X					
	<i>Hypoponera</i>	sp. 09						X	
	<i>Leptogenys</i>	sp. 01	X						
	<i>Leptogenys</i>	sp. 02	X						X
	<i>Leptogenys</i>	<i>wheeleri</i>	X						
	<i>Odontomachus</i>	<i>bauri</i>				X	X	X	X
	<i>Odontomachus</i>	<i>brunneus</i>	X						
	<i>Odontomachus</i>	<i>caelatus</i>	X	X	X				X
	<i>Odontomachus</i>	<i>haematodus</i>	X	X				X	X
	<i>Odontomachus</i>	<i>laticeps</i>	X						
	<i>Odontomachus</i>	<i>meinerti</i>	X			X	X	X	X
	<i>Odontomachus</i>	<i>opaciventris</i>	X	X					
	<i>Odontomachus</i>	<i>scalptus</i>	X	X					
	<i>Pachycondyla</i>	<i>apicalis</i>	X			X	X		X
	<i>Pachycondyla</i>	<i>cf. arhuaca</i>	X				X		
	<i>Pachycondyla</i>	<i>commutata</i>	X				X		X
	<i>Pachycondyla</i>	<i>constricta</i>	X	X	X	X	X		X
	<i>Pachycondyla</i>	<i>crassinoda</i>	X	X		X	X		X
	<i>Pachycondyla</i>	<i>harpax</i>	X	X	X	X	X		X
	<i>Pachycondyla</i>	<i>imprensa</i>							X
	<i>Pachycondyla</i>	<i>obscuricornis</i>				X	X		X
	<i>Pachycondyla</i>	sp. 01	X	X			X		
	<i>Pachycondyla</i>	sp. 02					X		
	<i>Pachycondyla</i>	sp. 03							X
	<i>Pachycondyla</i>	sp. 04							X
	<i>Pachycondyla</i>	<i>villosa</i>				X			
Proceratiinae	<i>Discothyrea</i>	sp. 01		X					
	<i>Discothyrea</i>	sp. 02						X	
Pseudomyrmicinae	<i>Pseudomyrmex</i>	sp. 01	X					X	
	<i>Pseudomyrmex</i>	sp. 02	X						
	<i>Pseudomyrmex</i>	sp. 03	X					X	X
	<i>Pseudomyrmex</i>	sp. 04						X	
	<i>Pseudomyrmex</i>	sp. 05							X
	<i>Pseudomyrmex</i>	sp. 06						X	X
	<i>Pseudomyrmex</i>	sp. 07						X	X
	<i>Pseudomyrmex</i>	sp. 08						X	

Apêndice II. Lista com os custos totais por método de coleta e suas combinações tanto para a coleta de espécies nas três áreas estudadas (Ducke, Maracá e Viruá).

	Tempo	Pitfall					
		dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (3)	10 dias	R\$ 30.00	R\$ 2,700.00	R\$ 2,700.00	R\$ 2,700.00	R\$ 1,620.00	R\$ 1,620.00
Combustível			R\$ 100.00				
Alimentação	10 dias	R\$ 15.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,080.00	R\$ 1,080.00
Armadilha			R\$ 150.00	R\$ 120.00	R\$ 90.00	R\$ 60.00	R\$ 30.00
Álcool			R\$ 300.00	R\$ 240.00	R\$ 180.00	R\$ 120.00	R\$ 60.00
Microtubo			R\$ 800.00	R\$ 640.00	R\$ 480.00	R\$ 320.00	R\$ 160.00
Aluno de Pós-grad.	15 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 22,500.00	R\$ 15,000.00	R\$ 12,000.00	R\$ 9,000.00	R\$ 7,500.00
Estudante Pibic (2)	12 meses	R\$ 300.00	R\$ 7,200.00	R\$ 4,800.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00
Bolsista técnica	6 meses	R\$ 300.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 900.00	R\$ 600.00	R\$ 300.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 37,350.00</b>	<b>R\$ 26,600.00</b>	<b>R\$ 21,850.00</b>	<b>R\$ 15,300.00</b>	<b>R\$ 12,650.00</b>

	Tempo	Isca					
		dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (1)	6 dias	R\$ 30.00	R\$ 540.00	R\$ 540.00	R\$ 540.00	R\$ 360.00	R\$ 360.00
Combustível			R\$ 100.00	R\$ 100.00	R\$ 100.00	R\$ 100.00	R\$ 100.00
Alimentação	6 dias	R\$ 15.00	R\$ 540.00	R\$ 540.00	R\$ 540.00	R\$ 360.00	R\$ 360.00
Armadilha			R\$ 50.00	R\$ 40.00	R\$ 30.00	R\$ 20.00	R\$ 10.00
Álcool			R\$ 200.00	R\$ 160.00	R\$ 120.00	R\$ 80.00	R\$ 40.00
Microtubo			R\$ 600.00	R\$ 480.00	R\$ 360.00	R\$ 240.00	R\$ 120.00
Aluno de Pós-grad.	9 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 13,500.00	R\$ 10,500.00	R\$ 7,500.00	R\$ 4,500.00	R\$ 3,000.00
Estudante Pibic (2)	6 meses	R\$ 300.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,000.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 600.00
Bolsista técnica	0	R\$ 300.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 19,130.00</b>	<b>R\$ 15,360.00</b>	<b>R\$ 10,990.00</b>	<b>R\$ 6,860.00</b>	<b>R\$ 4,590.00</b>

Itens	Tempo	Winkler					
		dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (2)	10 dias	R\$ 30.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,080.00	R\$ 1,080.00
Combustível			R\$ 100.00				
Alimentação	10 dias	R\$ 15.00	R\$ 1,350.00	R\$ 1,350.00	R\$ 1,350.00	R\$ 810.00	R\$ 810.00
Armadilha			R\$ 6,150.00	R\$ 4,950.00	R\$ 3,750.00	R\$ 2,550.00	R\$ 1,350.00
Álcool			R\$ 400.00	R\$ 320.00	R\$ 240.00	R\$ 160.00	R\$ 80.00
Microtubo			R\$ 800.00	R\$ 640.00	R\$ 480.00	R\$ 320.00	R\$ 160.00
Aluno de Pós-grad.	15 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 22,500.00	R\$ 15,000.00	R\$ 12,000.00	R\$ 9,000.00	R\$ 7,500.00
Estudante Pibic (2)	12 meses	R\$ 300.00	R\$ 7,200.00	R\$ 4,800.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00
Bolsista técnica	6 meses	R\$ 300.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 900.00	R\$ 600.00	R\$ 300.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 42,100.00</b>	<b>R\$ 30,160.00</b>	<b>R\$ 24,220.00</b>	<b>R\$ 17,020.00</b>	<b>R\$ 13,180.00</b>

Itens	Tempo	Winkler e Isca					
		dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (3)		R\$ 30.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 3,780.00	R\$ 3,780.00
Combustível			R\$ 100.00				
Alimentação		R\$ 15.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,520.00	R\$ 2,520.00
Armadilhas			R\$ 6,200.00	R\$ 4,990.00	R\$ 3,780.00	R\$ 2,570.00	R\$ 1,360.00
Álcool			R\$ 400.00	R\$ 320.00	R\$ 240.00	R\$ 160.00	R\$ 80.00
Microtubo			R\$ 1,200.00	R\$ 960.00	R\$ 720.00	R\$ 480.00	R\$ 240.00
Aluno de Pós-grad.	18 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 27,000.00	R\$ 18,000.00	R\$ 13,500.00	R\$ 10,500.00	R\$ 7,500.00
Estudante Pibic (2)	12 meses	R\$ 300.00	R\$ 7,200.00	R\$ 4,800.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00
Bolsista técnica	6 meses	R\$ 300.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 900.00	R\$ 600.00	R\$ 300.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 52,900.00</b>	<b>R\$ 39,370.00</b>	<b>R\$ 31,840.00</b>	<b>R\$ 23,110.00</b>	<b>R\$ 17,680.00</b>

Itens	Tempo	Winkler e Pitfall					
		dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (3)		R\$ 30.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 3,780.00	R\$ 3,780.00
Combustível			R\$ 100.00				
Alimentação		R\$ 15.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,520.00	R\$ 2,520.00
Armadilhas			R\$ 6,300.00	R\$ 5,070.00	R\$ 3,840.00	R\$ 2,610.00	R\$ 1,380.00
Álcool			R\$ 400.00	R\$ 320.00	R\$ 240.00	R\$ 160.00	R\$ 80.00
Microtubo			R\$ 1,200.00	R\$ 960.00	R\$ 720.00	R\$ 480.00	R\$ 240.00
Aluno de Pós-grad.	20 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 30,000.00	R\$ 22,500.00	R\$ 15,000.00	R\$ 12,000.00	R\$ 9,000.00
Estudante Pibic (2)	12 meses	R\$ 300.00	R\$ 7,200.00	R\$ 4,800.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00
Bolsista técnica	12 meses	R\$ 300.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 900.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 57,800.00</b>	<b>R\$ 45,150.00</b>	<b>R\$ 34,300.00</b>	<b>R\$ 25,250.00</b>	<b>R\$ 19,800.00</b>

Itens	Tempo	Pitfall e Isca					
		dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (3)	20 dias	R\$ 30.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 3,780.00	R\$ 3,780.00
Combustível			R\$ 100.00				
Alimentação	20 dias	R\$ 15.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,520.00	R\$ 2,520.00
Armadilha			R\$ 200.00	R\$ 160.00	R\$ 120.00	R\$ 80.00	R\$ 40.00
Álcool			R\$ 300.00	R\$ 240.00	R\$ 180.00	R\$ 120.00	R\$ 60.00
Microtubo			R\$ 800.00	R\$ 640.00	R\$ 480.00	R\$ 320.00	R\$ 160.00
Aluno de Pós-grad.	18	R\$ 1,500.00	R\$ 27,000.00	R\$ 18,000.00	R\$ 13,500.00	R\$ 10,500.00	R\$ 7,500.00
Estudante Pibic (2)	12	R\$ 300.00	R\$ 7,200.00	R\$ 4,800.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00
Bolsista técnica	6	R\$ 300.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 900.00	R\$ 600.00	R\$ 300.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 46,400.00</b>	<b>R\$ 34,140.00</b>	<b>R\$ 27,880.00</b>	<b>R\$ 20,420.00</b>	<b>R\$ 16,260.00</b>

Itens	Tempo	Isca, Winkler e Pitfall					
		Custo unitário	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (3)	20 dias	R\$ 30.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 3,780.00	R\$ 3,780.00
Combustível			R\$ 100.00				
Alimentação	20 dias	R\$ 15.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,520.00	R\$ 2,520.00
Armadilhas			R\$ 6,350.00	R\$ 5,080.00	R\$ 3,810.00	R\$ 2,540.00	R\$ 1,270.00
Álcool			R\$ 600.00	R\$ 540.00	R\$ 480.00	R\$ 360.00	R\$ 240.00
Microtubo			R\$ 1,800.00	R\$ 1,440.00	R\$ 1,080.00	R\$ 720.00	R\$ 360.00
Aluno de Pós-grad.	32 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 48,000.00	R\$ 36,000.00	R\$ 24,000.00	R\$ 18,000.00	R\$ 15,000.00
Estudante Pibic (2)	12 meses	R\$ 300.00	R\$ 7,200.00	R\$ 4,800.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00
Bolsista técnica	4 meses	R\$ 300.00	R\$ 1,200.00	R\$ 900.00	R\$ 600.00	R\$ 600.00	R\$ 600.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 74,250.00</b>	<b>R\$ 57,860.00</b>	<b>R\$ 42,670.00</b>	<b>R\$ 31,020.00</b>	<b>R\$ 25,670.00</b>

Apêndice III. Lista com os custos totais por método de coleta e suas combinações tanto para a coleta de gêneros nas três áreas estudadas (Ducke, Maracá e Viruá).

	Tempo	Pitfall					
		dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (3)	10 dias	R\$ 30.00	R\$ 2,700.00	R\$ 2,700.00	R\$ 2,700.00	R\$ 1,620.00	R\$ 1,620.00
Combustível			R\$ 100.00	R\$ 100.00	R\$ 100.00	R\$ 100.00	R\$ 100.00
Alimentação	10 dias	R\$ 15.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,080.00	R\$ 1,080.00
Armadilha			R\$ 150.00	R\$ 120.00	R\$ 90.00	R\$ 60.00	R\$ 30.00
Álcool			R\$ 300.00	R\$ 240.00	R\$ 180.00	R\$ 120.00	R\$ 60.00
Microtubo			R\$ 800.00	R\$ 640.00	R\$ 480.00	R\$ 320.00	R\$ 160.00
Aluno de Pós-grad.	7 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 10,500.00	R\$ 7,500.00	R\$ 6,000.00	R\$ 4,500.00	R\$ 3,000.00
Estudante Pibic (2)	6 meses	R\$ 300.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 600.00
Bolsista técnica	4 meses	R\$ 300.00	R\$ 1,200.00	R\$ 900.00	R\$ 600.00	R\$ 300.00	R\$ 0.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 21,150.00</b>	<b>R\$ 16,400.00</b>	<b>R\$ 13,750.00</b>	<b>R\$ 9,300.00</b>	<b>R\$ 6,650.00</b>

	Tempo	Isca					
		dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (1)	6 dias	R\$ 30.00	R\$ 540.00	R\$ 540.00	R\$ 540.00	R\$ 360.00	R\$ 360.00
Combustível			R\$ 100.00				
Alimentação	6 dias	R\$ 15.00	R\$ 540.00	R\$ 540.00	R\$ 540.00	R\$ 360.00	R\$ 360.00
Armadilha			R\$ 50.00	R\$ 40.00	R\$ 30.00	R\$ 20.00	R\$ 10.00
Álcool			R\$ 200.00	R\$ 160.00	R\$ 120.00	R\$ 80.00	R\$ 40.00
Microtubo			R\$ 600.00	R\$ 480.00	R\$ 360.00	R\$ 240.00	R\$ 120.00
Aluno de Pós-grad.	4 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 6,000.00	R\$ 4,500.00	R\$ 3,000.00	R\$ 2,250.00	R\$ 1,500.00
Estudante Pibic (2)	3 meses	R\$ 300.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 600.00	R\$ 300.00	R\$ 0.00
Bolsista técnica	0	R\$ 300.00	R\$ 0.00				
<b>Total</b>			<b>R\$ 9,830.00</b>	<b>R\$ 7,560.00</b>	<b>R\$ 5,290.00</b>	<b>R\$ 3,710.00</b>	<b>R\$ 2,490.00</b>

Itens	Tempo	Winkler					
		dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (2)	10 dias	R\$ 30.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,080.00	R\$ 1,080.00
Combustível			R\$ 100.00	R\$ 100.00	R\$ 100.00	R\$ 100.00	R\$ 100.00
Alimentação	10 dias	R\$ 15.00	R\$ 1,350.00	R\$ 1,350.00	R\$ 1,350.00	R\$ 810.00	R\$ 810.00
Armadilha			R\$ 6,150.00	R\$ 4,950.00	R\$ 3,750.00	R\$ 2,550.00	R\$ 1,350.00
Álcool			R\$ 400.00	R\$ 320.00	R\$ 240.00	R\$ 160.00	R\$ 80.00
Microtubo			R\$ 800.00	R\$ 640.00	R\$ 480.00	R\$ 320.00	R\$ 160.00
Aluno de Pós-grad.	8 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 12,000.00	R\$ 9,000.00	R\$ 6,000.00	R\$ 4,500.00	R\$ 3,000.00
Estudante Pibic (2)	6 meses	R\$ 300.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 600.00
Bolsista técnica	3 meses	R\$ 300.00	R\$ 900.00	R\$ 600.00	R\$ 300.00	R\$ 300.00	R\$ 0.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 27,100.00</b>	<b>R\$ 21,160.00</b>	<b>R\$ 15,820.00</b>	<b>R\$ 11,020.00</b>	<b>R\$ 7,180.00</b>

Itens	Tempo	Winkler e Isca					
		dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (3)		R\$ 30.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 3,780.00	R\$ 3,780.00
Combustível			R\$ 100.00				
Alimentação		R\$ 15.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,520.00	R\$ 2,520.00
Armadilhas			R\$ 6,200.00	R\$ 4,990.00	R\$ 3,780.00	R\$ 2,570.00	R\$ 1,360.00
Álcool			R\$ 400.00	R\$ 320.00	R\$ 240.00	R\$ 160.00	R\$ 80.00
Microtubo			R\$ 1,200.00	R\$ 960.00	R\$ 720.00	R\$ 480.00	R\$ 240.00
Aluno de Pós-grad.	9 mesees	R\$ 1,500.00	R\$ 13,500.00	R\$ 10,500.00	R\$ 7,500.00	R\$ 4,500.00	R\$ 3,000.00
Estudante Pibic (2)	6 meses	R\$ 300.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 600.00
Bolsista técnica	3 meses	R\$ 300.00	R\$ 900.00	R\$ 600.00	R\$ 300.00	R\$ 300.00	R\$ 0.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 34,900.00</b>	<b>R\$ 28,870.00</b>	<b>R\$ 23,440.00</b>	<b>R\$ 15,610.00</b>	<b>R\$ 11,680.00</b>

Itens	Tempo	Winkler e Pitfall					
		dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (3)		R\$ 30.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 3,780.00	R\$ 3,780.00
Combustível			R\$ 100.00				
Alimentação		R\$ 15.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,520.00	R\$ 2,520.00
Armadilhas			R\$ 6,300.00	R\$ 5,070.00	R\$ 3,840.00	R\$ 2,610.00	R\$ 1,380.00
Álcool			R\$ 400.00	R\$ 320.00	R\$ 240.00	R\$ 160.00	R\$ 80.00
Microtubo			R\$ 1,200.00	R\$ 960.00	R\$ 720.00	R\$ 480.00	R\$ 240.00
Aluno de Pós-grad.	10 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 15,000.00	R\$ 11,250.00	R\$ 7,500.00	R\$ 6,000.00	R\$ 4,500.00
Estudante Pibic (2)	6 meses	R\$ 300.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 600.00
Bolsista técnica	6 meses	R\$ 300.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 900.00	R\$ 600.00	R\$ 300.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 37,400.00</b>	<b>R\$ 30,300.00</b>	<b>R\$ 24,100.00</b>	<b>R\$ 17,450.00</b>	<b>R\$ 13,500.00</b>

		Pitfall e Isca					
	Tempo	dia	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (3)	20 dias	R\$ 30.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 3,780.00	R\$ 3,780.00
Combustível			R\$ 100.00				
Alimentação	20 dias	R\$ 15.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,520.00	R\$ 2,520.00
Armadilha			R\$ 200.00	R\$ 160.00	R\$ 120.00	R\$ 80.00	R\$ 40.00
Álcool			R\$ 300.00	R\$ 240.00	R\$ 180.00	R\$ 120.00	R\$ 60.00
Microtubo			R\$ 800.00	R\$ 640.00	R\$ 480.00	R\$ 320.00	R\$ 160.00
Aluno de Pós-grad.	9 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 13,500.00	R\$ 10,500.00	R\$ 7,500.00	R\$ 4,500.00	R\$ 3,000.00
Estudante Pibic (2)	6 meses	R\$ 300.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 600.00
Bolsista técnica	3 meses	R\$ 300.00	R\$ 900.00	R\$ 600.00	R\$ 300.00	R\$ 300.00	R\$ 0.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 28,400.00</b>	<b>R\$ 23,640.00</b>	<b>R\$ 19,480.00</b>	<b>R\$ 12,920.00</b>	<b>R\$ 10,260.00</b>

		Isca, Winkler e Pitfall					
	Tempo	Custo unitário	Amostras (10)	8	6	4	2
Ajudantes (3)	20 dias	R\$ 30.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 5,400.00	R\$ 3,780.00	R\$ 3,780.00
Combustível			R\$ 100.00				
Alimentação	20 dias	R\$ 15.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,520.00	R\$ 2,520.00
Armadilhas			R\$ 6,350.00	R\$ 5,080.00	R\$ 3,810.00	R\$ 2,540.00	R\$ 1,270.00
Álcool			R\$ 600.00	R\$ 540.00	R\$ 480.00	R\$ 360.00	R\$ 240.00
Microtubo			R\$ 1,800.00	R\$ 1,440.00	R\$ 1,080.00	R\$ 720.00	R\$ 360.00
Aluno de Pós-grad.	16 meses	R\$ 1,500.00	R\$ 24,000.00	R\$ 18,000.00	R\$ 12,000.00	R\$ 9,000.00	R\$ 7,500.00
Estudante Pibic (2)	6 meses	R\$ 300.00	R\$ 3,600.00	R\$ 2,400.00	R\$ 1,800.00	R\$ 1,200.00	R\$ 600.00
Bolsista técnica	4 meses	R\$ 300.00	R\$ 1,200.00	R\$ 900.00	R\$ 600.00	R\$ 600.00	R\$ 600.00
<b>Total</b>			<b>R\$ 46,650.00</b>	<b>R\$ 37,460.00</b>	<b>R\$ 28,870.00</b>	<b>R\$ 20,820.00</b>	<b>R\$ 16,970.00</b>