



MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

€

Pós-Graduação  
**ZOOLOGIA**  
MPEG/UFPA



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

ESTRUTURA E INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA COMUNIDADE DE  
BORBOLETAS DA SUBFAMÍLIA ITHOMIINAE (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) NA  
ESTAÇÃO CIENTÍFICA FERREIRA PENNA, MELGAÇO, PARÁ

IVANEI SOUZA ARAÚJO

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA, CURSO DE MESTRADO, DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI E UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ZOOLOGIA.

ORIENTADOR: DR. WILLIAM LESLIE OVERAL

BELÉM – PA  
2006

IVANEI SOUZA ARAÚJO

ESTRUTURA E INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA COMUNIDADE DE  
BORBOLETAS DA SUBFAMÍLIA ITHOMIINAE (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) NA  
ESTAÇÃO CIENTÍFICA FERREIRA PENNA, MELGAÇO, PARÁ

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA, CURSO DE MESTRADO,  
DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI E  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO REQUISITO  
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ZOOLOGIA.

ORIENTADOR: DR. WILLIAM LESLIE OVERAL

BELÉM – PA  
2006

*Estudar a natureza sem defendê-la é  
impensável.*

(Thomas Eisner, 2005)

À minha mãe, Venerave de Souza Araújo  
(*In Memoriam*)

## AGRADECIMENTOS

Sou grato a Deus, pois nos momentos difíceis da minha vida tem me levantado e mostrado que ainda posso caminhar;

Sou grato ao Curso de Pós-graduação em Zoologia do Museu Paraense Emílio Goeldi/Universidade Federal do Pará, nas pessoas das atual coordenadora e da vice-coordenadora, a Dra. Tereza Cristina Sauer de Ávila-Pires e a Dra. Maria Cristina Espósito, pelo apoio e incentivo;

Agradeço as eficientes secretárias do PPGZool, Dorotéia e Anete, que sempre estiveram me dando apoio.

Agradeço à CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado;

Agradeço o apoio recebido da Conservação Internacional do Brasil, através do Projeto TEAM-Initiative, pelo apoio logístico em Caxiuanã;

Agradeço à equipe da Estação Científica Ferreira Penna, na FLONA de Caxiuanã, pela colaboração;

Agradeço ao professor Dr. Antônio Carlos Lôla da Silva e equipe, que sempre estiveram dispostos a ajudar com os dados climáticos.

Agradeço ao professor da UNICAMPI Dr. Keith Brown Jr., que cedeu a lista das espécies de Manaus;

Agradeço ao meu orientador, não apenas pela orientação, mas também pela amizade;

Agradeço a Jos Barlow, Toby Gardner e Luke Parry, por conselhos e obtenção de literatura científica;

Agradeço a ajuda prestada pelos “borboleteiros” do nosso laboratório Jarilson e Paulo, ao longo do trabalho de campo;

Agradeço o apoio e bom humor dos meus colegas e amigos do Curso de Zoologia, especialmente Marco Antônio, Darlan, Rodrigo, Adna e Anne Caroline, que ajudaram na formatação e correção do texto e também por me divertirem com suas piadas sem graça;

Agradeço ao Engenheiro Márcio, responsável da unidade do órgão da SESAN, que nos permitiu fazer a coleta do fedegoso no terreno da sua unidade;

Agradeço à minha família pelo apoio de continuar meus estudos, em especial à Márcia Cristina (dedicada esposa), Isabelle Cristina e Ivan Cristian, pela compreensão da minha ausência e paciência de muitas vezes me esperarem tarde da noite por conta do meu estudo. (Amo vocês!).

## SUMÁRIO

	PÁG.
AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. AS BORBOLETAS .....	1
1.2. A SUBFAMÍLIA ITHOMIINAE .....	3
1.2.1. Taxonomia .....	3
1.2.2. História Natural .....	4
1.3. INDICADORES BIOLÓGICOS .....	6
1.3.1. Os indicadores biológicos e a conservação .....	6
1.3.2. Ithomiinae como indicadores biológicos .....	7
1.4. CONHECIMENTO DA FAUNA DE BORBOLETAS DA AMAZÔNIA .....	8
1.5. OBJETIVOS .....	10
1.5.1. Geral .....	10
1.5.2. Específicos .....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
2.1. ÁREA DE ESTUDO .....	11
2.2. PROTOCOLO DE AMOSTRAGEM .....	13
2.3. TRATAMENTO DOS DADOS .....	15
2.3.1. Identificação dos exemplares .....	15
2.3.2. Análise dos dados .....	16
2.3.2.1. Riqueza de espécies .....	16
2.3.2.2. Diversidade da comunidade .....	17
2.3.2.3. Razão sexual .....	17
2.3.2.4. Comparação entre métodos de coleta .....	18
2.3.2.5. Estratificação vertical .....	18
3. RESULTADOS .....	19
3.1. INVENTÁRIO DE ITHOMIINAE .....	19
3.2. A ECFPN E OUTRAS LOCALIDADES NA AMAZÔNIA .....	21
3.3. ESTIMATIVA DE RIQUEZA .....	23
3.4. COMPARAÇÃO DE COLETAS COM REDES E ARMADILHAS .....	24
3.5. VARIAÇÃO MENSAL .....	25
3.6. ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL .....	27
3.7. RAZÃO SEXUAL .....	28
3.8. DIVERSIDADE DA COMUNIDADE .....	29
4. DISCUSSÃO .....	31
4.1. RIQUEZA DE ESPÉCIES DE ITHOMIINAE NA ECFPN .....	31
4.2. COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE COLETA .....	32
4.3. ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL .....	34
4.4. PERSPECTIVA DE ITHOMIINAE COMO GRUPO INDICADOR .....	34
5. CONCLUSÕES .....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37

## RESUMO

As borboletas do grupo Ithomiinae são caracterizadas por espécies estritamente neotropicais, consideradas modelos de anéis miméticos e apresentam uma taxonomia relativamente bem conhecida. Por estas razões são frequentemente utilizadas como indicadores biológicos. O presente estudo teve como intuito caracterizar a comunidade de Ithomiinae em uma área de Floresta Ombrófila Densa (terra firme), localizada na Estação Científica Ferreira Penna (Floresta Nacional de Caxiuanã), município de Melgaço, estado do Pará, além de testar a eficiência do protocolo de captura deste grupo. Para isto foram realizadas coletas em uma área de 500 x 500 m, utilizando dois métodos. O primeiro foi o de armadilhas contendo isca de folhas e inflorescências de *Heliotropium indicum* dentro de cinco parcelas amostrais de 100 x 100 m, sendo que cada uma continha cinco pares de armadilhas (uma sub-bosque e outra no dossel da floresta). O outro método foi o de coletas com redes entomológicas entre as parcelas. O período da amostragem foi nos meses de julho, outubro de 2004 e janeiro a novembro de 2005 (cinco dias de coleta mensais). Com um esforço total de 2000 armadilha horas por mês e 40 redes horas por mês foram registrados 1844 indivíduos de Ithomiinae, pertencentes a 14 espécies. As espécies *Hypothyris ninonia* (Hübner, [1806]) e *Napeogenes rhezia* (Geyer, [1834]) foram as espécies mais abundantes. Foi encontrada uma diversidade homogênea tanto no sentido horizontal quanto vertical, apesar de ser observada uma preferência da maioria das espécies pelo ambiente de sub-bosque. Foi registrada uma predominância de machos na comunidade da área. Como o grupo apresenta diferenças comportamentais entre indivíduos machos e fêmeas, essa predominância de machos nos registros pode ser resultado de uma seleção dos métodos na captura dos espécimes. Não foi encontrada uma diferença significativa entre a riqueza de espécies registrada pelos diferentes métodos, apesar de três espécies serem obtidas exclusivamente pelas redes, e outras duas pelas armadilhas de isca. Houve uma predominância nos registros de *Methona* sp. pelas redes entomológicas, sugerindo uma atração diferenciada da espécie pela isca utilizada. Verificou-se uma correlação negativa entre o número de indivíduos coletados e o aumento dos índices de pluviosidade. O estudo apresentou uma baixa riqueza de espécies com amostragem intensiva, a comunidade é representada por espécies abundantes e raras; e apresenta oscilações na abundância conforme a precipitação pluviométrica. As armadilhas de sub-bosque foram mais eficiente. Sugere-se para Ithomiinae a utilização de somente armadilhas no sub-bosque com isca de *Heliotropium indicum*.

**Palavras-chave:** Lepidoptera, Nymphalidae, borboletas Ithomiinae, estrutura de comunidade, Dinâmica populacional, ECFPn.

## ABSTRACT

The Neotropical ithomiine butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae) are the models in mimicry rings and are relatively well known taxonomically. For these reasons, they are often chosen as biological indicator species. The present study was undertaken to characterize the ithomiine community in dense evergreen upland tropical rain forest at the Ferreira Penna Scientific Station in the Caxiuanã National Forest, municipality of Melgaço, Pará, Brazil, as well as to test the efficiency of the sampling protocol for this group of butterflies. In a forested area of 500 by 500 m, collections were made with two methods. Trapping was done during five consecutive days per month with baits of *Heliotropium indicum* leaves and flowers within five 100 by 100 m parcels, each of which contained five understory and five canopy traps. On the same days, in nearby areas, manual capture was undertaken with entomological hand nets. Sampling was done in July and October 2004 and January to November 2005. Collection effort was 2000 trap-hours per month and 40 net-hours per month. A total of 1844 ithomiine butterflies (14 species) was collected. *Hypothyris ninonia* (Hübner, [1806]) and *Napeogenes rhezia* (Geyer, [1834]) were the most abundant species. Both horizontal and vertical diversity were homogeneous, in spite of a tendency for most species to exhibit a preference for the understory. Sex ratios were unbalanced, and males were more common in the research area, but this could be an artifact of collection methods since only males are attracted to the alkaloid-bearing baits. Both collection methods showed similar species richness, even though three species were caught only by hand netting and two only in the baited traps. More specimens of *Methona* sp. were caught by hand netting than by trapping, indicating that this species is less attracted to the bait. Total ithomiine catch was inversely correlated with rainfall. The research area has few ithomiine species, including both common and rare species, whose abundance varies with the yearly rainfall pattern. Traps in the forest understory baited with the alkaloid source were most efficient, and their use is recommended for ithomiine community sampling.

**Key-words:** Lepidoptera, Nymphalidae, butterflies Ithomiinae, structure of community, population Dynamics, ECFPn



## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. AS BORBOLETAS

As borboletas compreendem cerca de 20.000 espécies das superfamílias Papilionoidea e Hesperioidea, da ordem Lepidoptera, que é a terceira maior ordem em termos de diversidade de espécies dentre os insetos, com cerca de 150.000 espécies em todo mundo. Na região neotropical existem aproximadamente 8.000 espécies de borboletas descritas, sendo que no Brasil cerca de 3.300 espécies foram registradas (Brown, 1996). Uma das famílias de borboletas mais diversificada, tanto em hábitos quanto em morfologia, é a família Nymphalidae com 11 subfamílias, que chega a compreender cerca de 30% das borboletas nos neotrópicos (Brown & Freitas, 1999; Lamas *et al.*, 2004).

Devido à alta diversidade das borboletas, assim como a variabilidade de suas interações com o meio, não é apropriado fazer generalizações sobre a biologia das borboletas, tal como a longevidade de uma borboleta adulta, sua alimentação e seu comportamento. Por exemplo, muitas borboletas adultas vivem menos de duas semanas; outras, mais de seis meses. Algumas se alimentam de suco de frutas; outras, de néctar e pólen das flores ou mesmo de excremento ou carniça. A maioria é diurna, mas existem formas crepusculares (Ray & Andrews 1980; Otero, 1986; DeVries, 1987; Freitas *et al.*, 1997; 2003; Costa, 2004).

Assim como boa parte dos Lepidoptera, as borboletas apresentam diferenças na forma de se alimentar entre larvas e adultos (DeVries, 1987). As larvas apresentam um aparelho do tipo mastigador, sendo adaptadas à digestão de alimentos sólidos (p.ex. folhas), enquanto que os adultos ingerem seus alimentos, em forma líquida, através de um aparelho do tipo sugador (DeVries, 1987).

Existem duas guildas de borboletas, definidas com base no hábito alimentar dos indivíduos adultos. A primeira é comumente conhecida como a guilda das borboletas frugívoras, por se alimentarem principalmente de frutas fermentadas, embora utilizem também excrementos, exudatos de plantas e animais em decomposição. Neste grupo estão borboletas pertencentes às subfamílias Satyrinae, Brassolinae, Morphinae, Charaxinae, Biblidinae e a tribo Coeini dentro de Nymphalinae. A outra guilda é das borboletas nectarívoras, representada pelas famílias Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae, Hesperidae e pelas subfamílias Apaturinae, Limenitidinae, Libytheinae, Danaeinae, Heliconinae, Nymphalinae e Ithomiinae dentro da família Nymphalidae (DeVries, 1987; Freitas *et al.*, 2003). Borboletas frugívoras podem ser atraídas com iscas de frutas em fermentação, o que torna a avaliação da diversidade local fácil e quantificável. Borboletas nectarívoras, de modo similar, congregam-se em inflorescências e podem ser inventariadas com facilidade sobre estes recursos.

A comunidade de borboletas não é homogênea no tempo e no espaço, possuindo particularidades quanto à distribuição horizontal e vertical dentro da floresta. Por exemplo, dentre os Nymphalidae frugívoros existem borboletas que são encontradas em qualquer estrato da floresta, de poucos centímetros do chão até o dossel. No entanto, existem aquelas que são encontradas apenas no sub-bosque ou apenas no dossel, sendo que a estratificação vertical pode ser correlacionada com a co-ocorrência de borboletas do mesmo padrão mimético ou com o tamanho dos indivíduos (Poole, 1970; DeVries, 1988; Medina *et al.*, 1996; Becalloni, 1997; DeVries *et al.*, 1997; DeVries & Walla, 2001; Willmott & Mallet, 2004). Uma das hipóteses sugeridas para explicar a estratificação vertical em comunidades de florestas, é que esta serviria para evitar predação (Papageorgis, 1975). Outros autores (Poole, 1970; DeVries 1988) sugerem que o nível de intensidade de luz penetrante na floresta atua como uma barreira, que mantém a estratificação na floresta,

não apenas no sentido vertical, mas também no sentido horizontal, delimitando também espécies de florestas, de clareira e de bordas. No caso de borboletas da subfamília Ithomiinae, diversos fatores podem estar interagindo para explicar a estratificação, incluindo padrão mimético, predação, tamanho das asas e uso de plantas hospedeiras (Papageorgis, 1975; Medina *et al.*, 1996; Becalloni, 1997; Willmott & Mallet, 2004).

## 1.2. A SUBFAMÍLIA ITHOMIINAE

### 1.2.1 Taxonomia

O status taxonômico de Ithomiinae tem sido instável ao longo dos anos. Fox (1956) considerou o grupo como uma família, enquanto DeVries (1987), Ehrlich (1958) e Kristensen (1976) o tratam como subfamília da família Nymphalidae, prática adotada neste trabalho em concordância com o mais recente catálogo sistemático das borboletas neotropicais (Lamas, 2004). Atualmente, alguns autores (e.g. Brower *et al.*, 2006) reutilizam o antigo status de tribo Ithomiini da subfamília Danainae (*sensu* Ackery & Vane-Wright, 1984).

A subfamília Ithomiinae compreende oito tribos e cerca de 370 espécies em 45 gêneros, totalmente restritos à região neotropical (Lamas, 2004; Willmott & Lamas, *in prep*). As suas tribos são Tithoreini, Melinaeini, Mechanitidini, Napegenini, Ithomiini, Oleriini, Dircennini e Godyridini (Lamas, 2004). Os Ithomiinae possuem antena fracamente clavada, pequenos olhos e abdome longo e delgado, e os machos de todas as espécies (e fêmeas de algumas espécies do gênero *Methona* Doubleday, 1847) possuem androcônia na forma de um pincel de pêlos (escamas modificadas), na margem costal da

asa posterior. A androcônia constitui um órgão de disseminação de feromônio sexual masculino, importante para a atração das fêmeas (DeVries, 1987; Lamas, 1999).

A presença da androcônia na região costal da asa posterior constitui uma sinapomorfia que sustenta o monofiletismo da subfamília Ithomiinae, uma vez que este caráter é exclusivo do grupo (Motta, 2003). Os Ithomiinae formam um grupo monofilético com Tellervinae, um grupo monogênico com apenas seis espécies da região australiana. Juntas, Ithomiinae e Tellervinae são o grupo irmão de Danainae, com cerca de 150 espécies pan-tropicais em 11 gêneros (Lamas, 1999; Motta, 2003). Entre os grupos há similaridades morfológicas de adulto e de larva (Ackery & Vane-Wright, 1984; Brown & Freitas, 1994; Motta, 2003).

### **1.2.2. História natural**

A maioria das espécies de Ithomiinae alimenta-se de plantas da família Solanaceae na fase larval, no entanto, as espécies da tribo Tithoreini usam plantas da família Apocynaceae e as espécies do gênero *Hyposcada* Godman & Salvin, 1879 se alimentam em Gesneriaceae (Drummond & Brown 1987; Lamas, 1999). Os adultos de Ithomiinae alimentam-se do néctar das flores, porém as fêmeas de certas espécies podem também se alimentar das fezes frescas de aves. Este tipo de alimentação tem sido bem documentado em alguns estudos. Espécimes do gênero *Melinaea* Hübner, 1816, foram registrados na Costa Rica visitando fezes de aves das famílias Formicariidae e Thamnophilidae, que estão associadas às formigas de correição. A alimentação de fezes seria para obter recursos ricos em nitrogênio para formação dos ovos (Ray & Andrews, 1980; DeVries, 1987).

Em meados do século XIX, importantes naturalistas que não tinham nenhum conhecimento de ecologia química, descobriram que os Ithomiinae são impalatáveis a

predadores vertebrados e invertebrados. Esta descoberta foi importante para o desenvolvimento da teoria do mimetismo por Bates e Müller (DeVries, 1987; Joron & Mallet, 1998; Mallet & Joron, 1999). De todas as borboletas neotropicais, os Ithomiinae, juntamente com os Heliconiinae, talvez sejam as borboletas mais importantes como modelos de anéis miméticos (um grupo de espécies ocorrendo temporal e espacialmente juntas e compartilhando um padrão comum de cores aposemáticas) podendo apresentar oito ou mais padrões miméticos em um dado local (Papageorgis, 1975; Beccaloni, 1997; Joron & Mallet, 1998).

A impalatabilidade dos Ithomiinae é derivada da ingestão de alcalóides pirrolizidínicos (APs) provenientes da dieta dos machos adultos, que buscam ativamente estes compostos. As fêmeas tornam-se impalatáveis no acasalamento, quando o macho transfere a substância através do espermatóforo que contém os APs (Brown, 1984a; DeVries, 1987; Brückmann *et al.*, 2000). De modo geral os Ithomiinae adquirem seus APs em plantas que contêm monoésteres do tipo licopsamínico (Trigo *et al.*, 1996), que são mais abundantes em espécies do gênero *Eupatorium*, *Ageratum* e *Trichogonia* (Asteraceae, tribo Eupatorieae), *Heliotropium* (Boraginaceae) e pouco freqüente em Apocynaceae (Brückmann *et al.*, 2000).

No entanto, para os Ithomiinae considerados mais “primitivos” do gênero *Aeria* Hübner, 1816, e *Tithorea* Doubleday, 1847, a aquisição de alcalóides também ocorre na fase larval. As espécies seqüestram APs em *Prestonia* e *Parsonsia* (Apocynaceae), as quais são as únicas plantas hospedeiras de Ithomiinae conhecidas, que contém estas substâncias (Edgar, 1984; Trigo & Brown, 1990; Orr *et al.*, 1996 e Trigo *et al.*, 1996). Além da impalatabilidade os APs também servem como precursores de feromônio sexual masculino (Pliske *et al.*, 1976).

### 1.3. INDICADORES BIOLÓGICOS

#### 1.3.1. Os indicadores biológicos e a conservação

Com o acelerado processo de fragmentação e destruição de habitats naturais, as florestas tropicais vêm perdendo a capacidade de abrigar as espécies componentes, resultando numa crescente perda de diversidade biológica (Moutinho & Nepstad, 2001); deste modo estudos sobre a diversidade de espécies, tal como inventários e monitoramentos, são de vital importância para compreender as comunidades biológicas e contribuir para a sua conservação (Purvis & Hector, 2000).

O inventário zoológico visa principalmente a conhecer quais espécies compõem as comunidades sondadas e, assim, providenciar dados necessários para a conservação e o manejo da fauna. Apesar da importância potencial de todas as espécies presentes num determinado local, não se pode inventariar todas elas, uma vez que demandaria muito tempo e alto custo. Deste modo são eleitos grupos-focais, que possuem potencial para gerar dados em menor custo e tempo reduzido, devido ao seu estágio mais avançado de conhecimento, como por exemplo, uma taxonomia bem estabelecida, podendo ser utilizados como indicadores biológicos (Overall & Mascarenhas, 1993; Overall, 2001; Santos 2003).

Indicadores biológicos são espécies ou grupos taxonômicos superiores com características tais como presença/ausência; densidade populacional, dispersão, (sucesso reprodutivo) que podem ser teoricamente usadas como um índice para outros atributos ecossistêmicos mais difíceis ou caros de mensurar (Landres *et al.*, 1988; Hilty e Merenlender, 2000), Apesar de não se poder esperar a priori que nenhum grupo ou espécie represente ou indique padrões de outro grupo, no entanto, existem alguns critérios

logísticos e biológicos que maximizam a utilidade de um táxon como um indicador, incluindo o seguinte se: (1) sua taxonomia é bem conhecida e estável, de modo que as populações possam ser definidas confiavelmente (2) sua biologia e história de vida são bem compreendidas (recursos limitante, inimigos, tolerâncias físicas) e todos os estágios do ciclo de vida podem ser incorporados dentro das hipóteses e do desenho experimental; (3) os indivíduos são observados facilmente no campo, e os estudos são facilitados por observações e por manipulações simples, tais que os estudantes inexperientes e não profissionais (parataxonomistas) possam facilmente ser treinados para ajudar a conduzir os estudos; (4) o táxon ocorrer através de uma escala geográfica ampla e de vários tipos do habitat, que pode permitir um desenho experimental amplo e comparações; (5) cada população ou espécie tende a ser especializada dentro de um habitat específico e assim sensível à degradação e a regeneração do habitat; (6) os padrões observados no táxon indicador são refletidos em outros táxons relacionados e não relacionados, e (7) o táxon inclui espécies que têm potencial econômico importante, de modo que os cientistas e os políticos, especialmente nos países de terceiro mundo onde a ciência pura ou básica é considerada freqüentemente um luxo, possam ser convencidos de que este táxon vale a pena dedicar o pessoal e recursos locais para estudos (Noss, 1990).

### **1.3.2. Ithomiinae como indicadores biológicos**

As borboletas representam o grupo mais bem estudado entre os insetos, porque são fáceis de amostrar e identificar (Brown, 1996; 2000a), devido a estas características são usadas em inventários como grupo-focal (Overall, 2001) e podem ser utilizadas como indicadores biológicos, por possuir estreita relação com seus recursos botânicos específicos e à fatores físicos, e assim são sensíveis a mudanças ambientais (New *et al.*, 1995; Oliver

& Beattie, 1996; Brown, 1996; 1997; New, 1997; Brown & Freitas, 2000a, b; Freitas *et al.*, 2003). A exemplo Ithomiinae, com Satyrinae e Biblidinae (=Eurytelinae auct.) são bons indicadores de floresta intacta, que junto com Charaxinae e Riodinidae são sensíveis à poluição e perturbação ambiental. Deste modo, a diminuição da riqueza de espécies nestes dois grupos pode ser o melhor indicador desses efeitos (Brown & Freitas 2000a). Os Ithomiinae também foram correlacionados com a conectividade entre os fragmentos na floresta atlântica (Brown & Freitas 2000a). Baseado em uma forte correlação entre a riqueza local de espécies dos Ithomiinae e a riqueza local de todos os demais grupos de borboletas nos neotrópicos, Beccaloni e Gaston (1995) chegaram a concluir que os Ithomiinae são bons estimadores de riqueza da comunidade de borboletas, uma vez que, em 12 das 21 localidades estudadas, cerca de 4,5% das borboletas pertenciam a Ithomiinae, variando de 3,4 a 6,03%. No entanto, Brown (1996) afirma que a variabilidade na proporção é muito maior, 1,4% a 6,5%, com um desvio inaceitável para estimar riqueza, exemplificando que num sítio com 30 Ithomiinae haveria entre 460 e 2140 espécies de borboletas na estimativa final, de modo que ele não é útil nem para comparações entre comunidades e nem como estimador de riqueza, mas sim como indicador biológico.

#### 1.4. CONHECIMENTO DA FAUNA DE BORBOLETAS DA AMAZÔNIA

O esforço de coleta de insetos na Amazônia tem sido insuficiente, devido a vários fatores como a falta de incentivo e dificuldade de acesso aos habitats (Overal, 2001). Mesmo com o esforço de gerações de especialistas, a região ainda carece de informações sobre a composição das comunidades e a distribuição geográfica das espécies. Além disso, faltam dados sobre a ecologia, o comportamento e a taxonomia das borboletas. Para Brown (1996), o conhecimento sobre a distribuição geográfica de borboletas no Brasil é



incipiente, especialmente na Amazônia. O estudo atual foi realizado numa área da Amazônia brasileira oriental onde as borboletas têm sido estudadas. Na Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn), apesar de ter sido fundada há 12 anos, apenas um trabalho sobre as suas borboletas foi realizado (Silva & Overal, 2002). Mais de 100 espécies de borboletas das famílias Pieridae, Papilionidae e Nymphalidae foram registradas em vários ambientes com diversos métodos de coleta, mas o número total das espécies deveria ser mais próximo ao total da fauna de Belém, que abriga cerca de 700 espécies, conforme os registros do acervo do Museu Goeldi.

## 1.5. OBJETIVOS

### 1.5.1. Geral

- Inventariar a fauna das borboletas da subfamília Ithomiinae na ECFPn, através de um programa de coletas padronizadas, com a utilização de armadilhas com iscas e redes entomológicas.

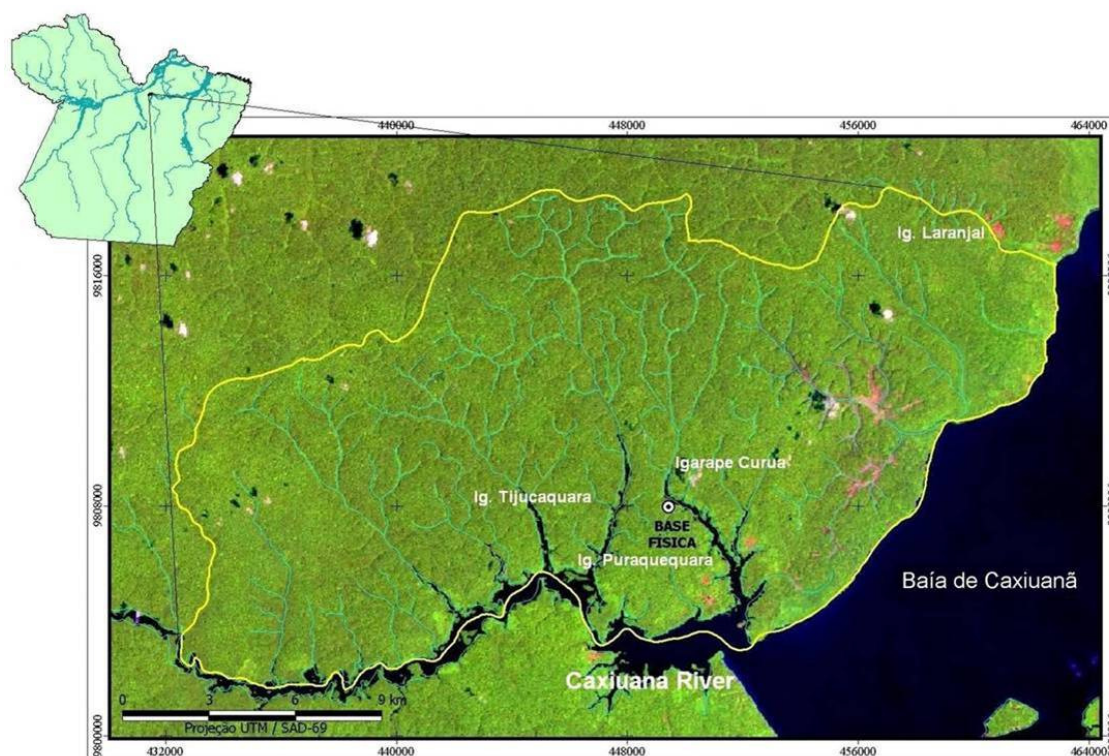
### 1.5.2. Específicos

- Caracterizar a estrutura da comunidade de Ithomiinae da Estação Científica Ferreira Penna, em termos de abundância, composição, estratificação (sub-bosque e dossel) e razão sexual das espécies;
- Avaliar a variação mensal da abundância da comunidade de Ithomiinae juntamente com a precipitação pluviométrica;
- Comparar as amostras por método de captura;
- Comparar os pontos de amostragem em relação á parâmetros de diversidade e comnposição de espécies.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido na Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn), localizada ao norte da Floresta Nacional de Caxiuanã ( $1^{\circ}42'30''\text{S}$ ,  $51^{\circ}31'45''\text{W}$ ) no Município de Melgaço, no Estado do Pará (Figura 1) (Lisboa, 1997). O clima de Caxiuanã é tropical úmido, com precipitação pluviométrica mais intensa em alguns meses. Segundo Oliveira *et al.* (2002), o período de junho a novembro é de temperatura mais elevada, enquanto que no período de dezembro a maio a temperatura é menos intensa. O mês mais chuvoso é abril (com precipitação mais freqüente e mais intensa) e o mês mais seco ou menos chuvoso é outubro. A área de estudo possui diferenciados tipos de ecossistemas, dentre os quais a floresta densa de terra firme é o ambiente mais extenso, ocupando 85% desta área, enquanto o restante é ocupado por outros tipos de florestas, tal como várzea e igapó, capoeira e uma vegetação rasteira chamado de vegetação savanóide (Lisboa *et al.*, 1997).



**Figura 1.- Área da Estação Científica Ferreira Penna, Melgaço, Pará, Brasil. (Fonte: UAS-MPEG)**

A floresta de terra-firme da ECFPn, cresce sobre latossolo amarelo de origem terciária, solos com textura argilo-arenosa, ácidos, profundos e oligotróficos (Almeida *et al.*, 1993); caracteriza-se por uma alta diversidade florística. Na Amazônia ela é a quinta maior em riqueza de espécies, superada apenas pela riqueza em Yanamoto no Peru (Gentry, 1988), da Bacia do Juruá no estado do Amazonas (Silva *et al.*, 1992), do Parque Nacional de Yasuni no Equador (Balslev *et al.*, 1987) e de Camaipi no estado do Amapá (Mori *et al.*, 1989). Dentre as famílias de plantas a de maior riqueza é a Sapotaceae, em nível de gênero é o *Pouteria*, plantas conhecidas localmente como “abiuranas” (Ilkiu-Borges *et al.*, 2002). Neste ambiente há uma grande concentração de espécies vegetais de grande porte conhecidas popularmente como castanheira-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), sucupira-amarela (*Bowdichia nitida* Spruce ex Benth.), itaúba (*Mezilaurus itauba*

(Meisn.) Taub. ex Mez), seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.) e parará (*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.) (Lisboa *et al.*, 1997). Para o ambiente de inundação já foram registrados pelo menos 106 espécies em 50 famílias de plantas (Ferreira *et al.*, 1997).

## 2.2. PROTOCOLO DE AMOSTRAGEM

Em julho de 2004 foi definida uma área de amostragem de 500 m por 500 m, localizada nas proximidades da Base Física da ECFPn, porém a uma distância de 250 m dentro da floresta, para se evitar o efeito de borda (Lovejoy *et al.*, 1986). Esta área está situada entre as coordenadas  $-1^{\circ}44'9.95''\text{S}$ ,  $-51^{\circ}27'27.41\text{W}$  e  $-1^{\circ}44'26.60''\text{S}$ ,  $51^{\circ}27'43.95''\text{W}$  Foram estabelecidas cinco parcelas de amostragem de 100 m por 100 m, e cada uma das parcelas com cinco pontos de amostragem com um par de armadilhas cada (uma no sub-bosque a 1 m do solo e outra no dossel a 20 - 25 m do chão), totalizando 10 armadilhas por parcela e 50 armadilhas no total.

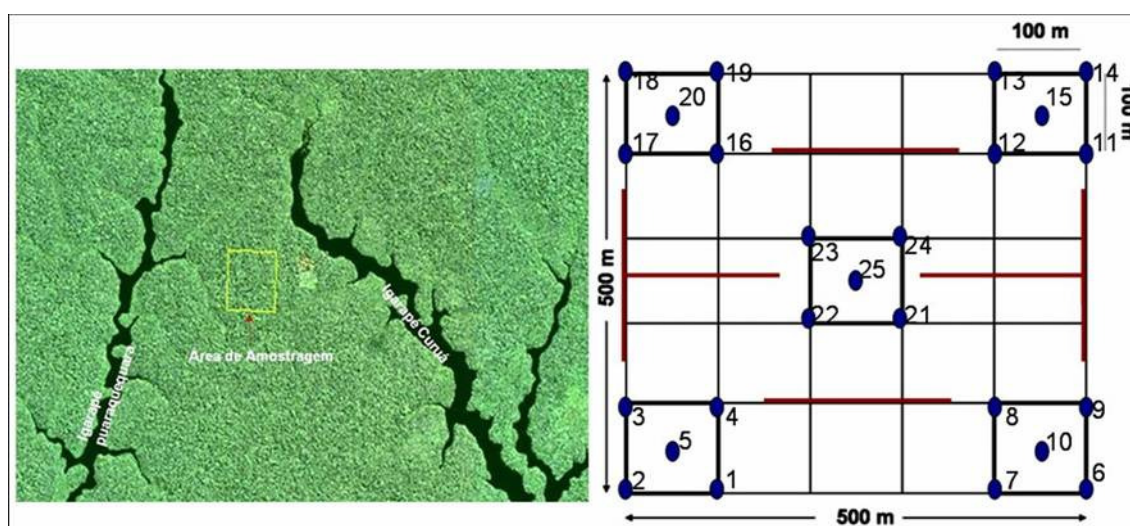
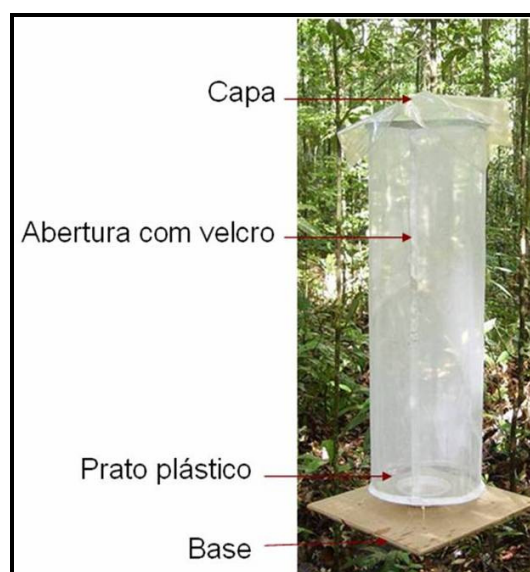


Figura 2.- Área de amostragem, com o desenho esquemático dos pontos de coleta com rede e armadilha, cada ponto numeração representa um par de armadilhas (sub-bosque e dossel) e as linhas em vermelho a trajetória das coletas com redes entomológicas. (modificado de UAS-MPEG)

As armadilhas, modificadas do tipo Van Someren-Rydon (Shuey, 1997), foram confeccionadas de filó, com uma base de compensado. São cilíndricas, medindo 70 cm de comprimento com dois aros de arame (raio de 12 cm) em cima e abertura lateral de 30 cm com fecho de velcro, para a retirada de exemplares. A entrada para as borboletas é a abertura entre a base e o cilindro de filó, medindo 3 cm em altura (Figura 3).



**Figura 3. – Armadilha modificada de Van Someren-Rydon (Shuey, 1997)**

Em cada armadilha foi colocada uma porção de cerca de 30g de isca formada por uma massa de inflorescência e folhas de *Heliotropium indicum* L. (Boraginaceae), uma planta de origem asiática (Pio-Corrêa, 1926) conhecida na região como “fedegoso”. A isca foi colocada em um prato plástico no centro da armadilha (para manter a umidade) e trocada diariamente. Para garantir um bom suprimento de isca, o fedegoso foi acondicionado em sacos plásticos e congelado em freezer. Além de fedegoso também se utiliza como atrativo de Ithomiinae, inflorescência de plantas do gênero *Eupatorium* da família Asteraceae, ambas são fontes de alcalóides pirrolizidíneos, que atraem basicamente os machos da maioria das espécies (Brown, 1996). Utilizou-se fedegoso neste trabalho pela

relativa facilidade de encontrar esta planta que apesar ser de origem asiática, tornou-se uma planta medicinal no Brasil onde se espalhou em volta das cidades (Pio-Corrêa, 1926). Em Belém é encontrada às margens de ruas. Por causa da sua abundância no local, é coletada com facilidade no aterro sanitário (“lixão”) da cidade.

Outro método de captura utilizado foi a coleta manual com redes entomológicas, entre as parcelas de amostragem por dois coletores, utilizando durante este percurso 4 horas diárias por coletor. Inicialmente, ambas as coletas foram bimestrais (julho e outubro de 2004; e janeiro de 2005). A partir de janeiro de 2005, as coletas padronizadas foram mensais até novembro, para obter resultados contínuos. Todas as coletas foram feitas pela manhã e à tarde durante cinco dias consecutivos em cada mês.

## 2.3. TRATAMENTOS DOS DADOS

### 2.3.1. Identificação dos exemplares

As borboletas capturadas foram colocadas em envelopes individuais numerados, onde todos os dados foram anotados, incluindo hora de captura, data, número do exemplar e altura da armadilha quando foi o caso. Posteriormente os exemplares foram levados para o laboratório, onde foram triados, montados e identificados em nível de espécie e subespécie quando possível. A identificação foi baseada na coleção do MPEG e também na literatura especializada, especialmente tratados contendo pranchas coloridas, como os de Lamas (1999), D’Abrera (1984), Seitz (1924) e Lewis (1973). Após todos esses procedimentos, o material biológico foi incorporado à coleção de invertebrados do Museu Paraense Emílio Goeldi.

Os dados foram armazenados em uma planilha registro (Microsoft Office Excel 2003), onde foram anotadas as seguintes informações para cada exemplar: número identificador do exemplar, nome da espécie ou subespécie, sexo (no caso das borboletas capturadas com redes), data de coleta, hora de coleta, local exato de coleta como sub-plote, armadilha, e estrato (sub-bosque ou dossel), além dos registros meteorológicos mensurados pelo projeto TEAM (pluviosidade, temperatura e umidade).

### **2.3.2. Análise dos dados**

#### 2.3.2.1. Riqueza de espécies

A riqueza de espécies foi analisada, através de estimadores, usando o programa EstimateS versão 7.5 (Colwell, 2004). Com base nos dados gerados foi construída a curva de acúmulo de espécies baseada na abundância das espécies. Além disso, utilizou-se o cálculo da completude do inventário, que é a porcentagem das espécies que não são *singletons* (isto é, representadas por exemplares únicos), que avalia o nível de sucesso de captura das espécies, isto é, o quanto o inventário foi completo. Esta estimativa foi desenvolvida por Coddington *et al.* (1996) e posteriormente testada por Toti, *et al.* (2000).

O inventário atual foi comparado com outras localidades, cujos dados foram extraídos da literatura, (Tabela 2), mas apenas cinco localidades foram utilizadas para fazer uma análise de cluster de similaridade das espécies entre os sítios (Figura 6), uma vez que foram as únicas fontes encontradas com lista de espécies disponíveis, estes foram: Belém (Brown, 1979), Guiana Francesa (Lacomme, 2003), Ariquemes-RO (Emmel & Austin, 1990), Pakitza-Peru (Robbins *et al.*, 1996) e Manaus, vários sítios, (Brown, K. S. comunicação pessoal), além do acervo da coleção entomológica do Museu Paraense Emílio



Goeldi (MPEG), que foi utilizada para complementar a lista de espécies de e da ECFPn. A análise de cluster foi efetuada através do programa Primer versão 5 (Clarke & Gorley, 2001).

#### 2.3.2.2. Diversidade da comunidade

Para analisar a diversidade (riqueza) espacial entre os pontos de armadilhas foram realizados os seguintes testes: a análise de similaridade ANOSIM e o teste multivariado não paramétrico MDS, ambos calculados no pacote estatístico Primer versão 5 (Clarke & Gorley, 2001).

#### 2.3.2.3. Razão sexual

A razão sexual das espécies mais abundantes de Ithomiinae foi avaliada utilizando o teste não paramétrico do Qui-quadrado, no qual os valores esperados possuem uma regência ou padrão conhecido de uma proporção 1:1, ou 50% para cada acontecimento. O teste foi feito no Microsoft Office Excel 2003. Para fazer o teste foram utilizados apenas dados de 2005, uma vez que algumas coletas de 2004 foram realizadas com redes próximas às armadilhas com isca, as quais atraem principalmente machos (Brown, 1996).

#### 2.3.2.4. Comparação entre métodos de coleta

Para avaliar a tendência das espécies mais abundantes serem capturadas por armadilhas ou redes entomológicas, utilizou-se o teste do Qui-quadrado, baseado em proporção de captura das espécies entre métodos. Os cálculos dos testes foram feitos no programa Microsoft Office Excel 2003, sendo que para comparação entre métodos foram utilizados somente dados de sub-bosque, devido à dificuldade de captura de espécimes com redes a uma altura superior a três metros. Foi avaliada a diferença de riqueza entre os métodos através da plotagem das curvas de acúmulo de espécies e dos seus intervalos de confiança, se a curva de menor riqueza estiver dentro do intervalo de confiança inferior da curva de maior riqueza de espécies, não há diferença entre elas, isto é elas são similares em suas riquezas (Magurran, 2004). Para melhor visualizar a comparação, foi colocada uma barra no ponto onde as curvas estão sendo comparadas.

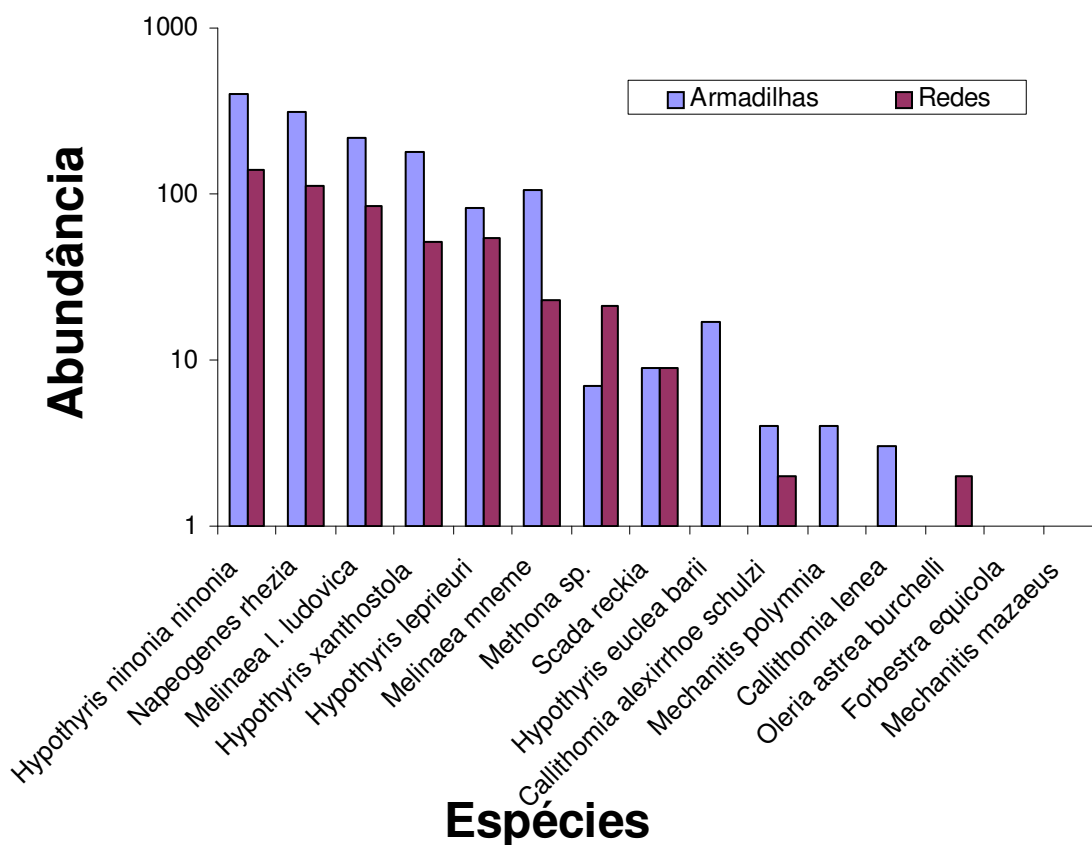
#### 2.3.2.5. Estratificação vertical

Foi analisada a tendência de captura das espécies entre os estratos, utilizando o teste do Qui-quadrado, neste caso baseado na porcentagem de cada espécie. O cálculo foi feito no Microsoft Office Excel 2003. A diferença mensal da abundância nos estratos foi analisada com o teste t de Student, utilizando o programa Primer versão 5 (Clarke & Gorley, 2001).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. INVENTARIO DE ITHOMIINAE

Com um esforço amostral de 2000 armadilha-horas por mês, foi capturado um total de 1342 indivíduos de Ithomiinae (entre o sub-bosque e o dossel da floresta) durante 11 meses. A coleta com redes (com esforço de 40 rede-horas por mês) resultou na captura de 502 indivíduos, totalizando 1844 indivíduos em 15 espécies com os dois métodos. A composição da comunidade e abundância das espécies de Ithomiinae de Caxiuanã é apresentada na Figura 4 e na Tabela 1.



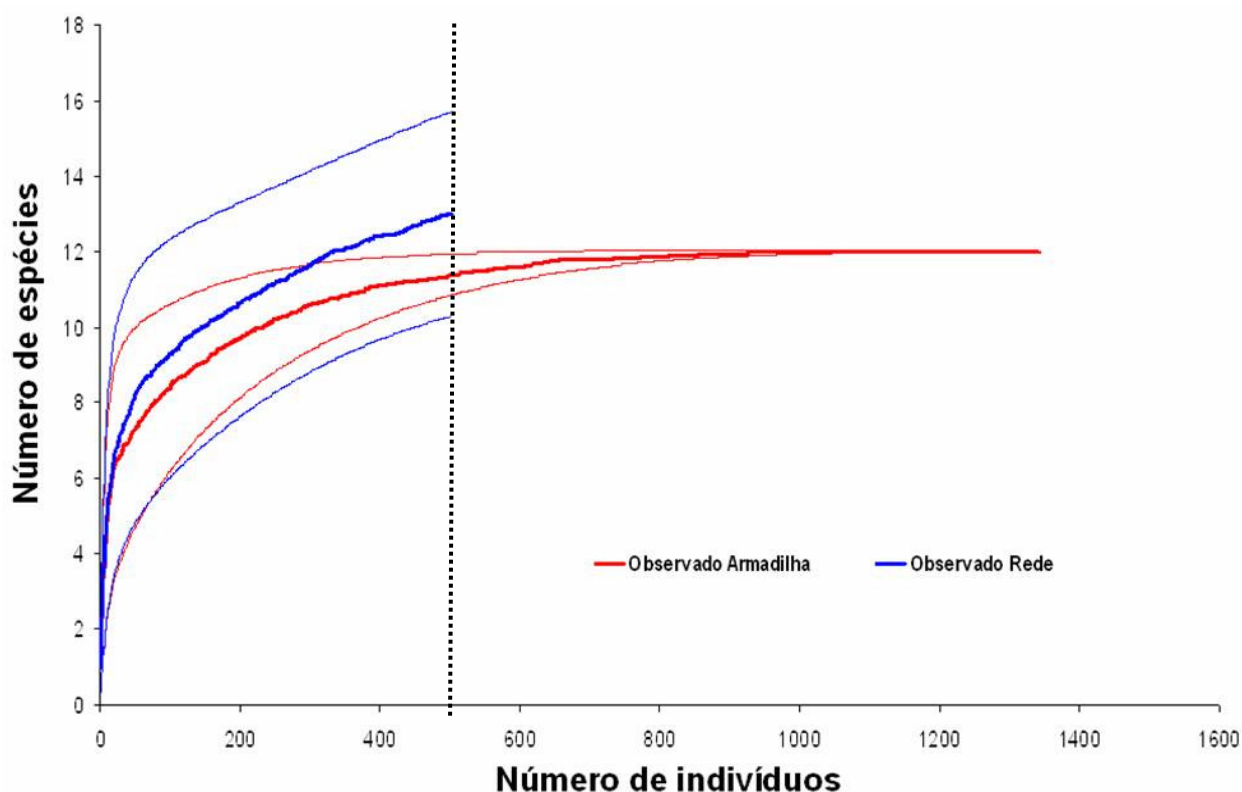
**Figura 4.** Composição e abundância da comunidade de borboletas da Subfamília Ithomiinae da Estação Científica Ferreira Penna. O gráfico está em escala logarítmica para evidenciar os padrões.

As espécies *Hypothyris ninonia* (Hübner, [1806]) e *Napeogenes rhezia* (Geyer, [1834]) foram as que mostraram maiores abundâncias relativas, com 29,1% e 23,1%, respectivamente. A comunidade é também constituída por espécies de baixa abundância (Tabela 1) como as espécies *Mechanitis polymnia* (Linnaeus, 1758), *Callithomia lenea* Cramer, 1779 *Oleria astrea* (Cramer, 1775), *Forbestra equicola* (Cramer, 1780) e *Mechanitis mazaesus* Hewitson, 1860.

**Tabela 1. Dados sumarizados de abundância e riqueza das espécies de borboletas da subfamília Ithomiinae na ECFPn, conforme método de coleta.**

Espécies	Total	Captura com armadilhas			Redes	Total (%)
		Dossel	Sub-bosque	Ambos		
<i>Hypothyris ninonia ninonia</i> .(Hübner, [1806])	536	57	341	398	138	29,1
<i>Napeogenes rhezia</i> (Geyer, [1834])	426	67	246	313	113	23,10
<i>Melinaea l. ludovica</i> (Cramer, 1780)	304	87	132	219	85	16,49
<i>Hypothyris xanthostola</i> (Bates, 1862)	231	29	150	179	52	12,53
<i>Hypothyris lepieuri</i> (Feisthamel, 1835)	137	17	65	82	54	7,43
<i>Melinaea m. mneme</i> (Linnaeus, 1763)	130	36	71	107	23	7,05
<i>Methona</i> sp.	28	1	6	7	21	1,52
<i>Scada reckia</i> (Hübner, [1808])	18	1	8	9	9	0,98
<i>Hypothyris euclea barii</i> (Bates, 1862)	18	4	13	17	1	0,98
<i>Callithomia alexirrhoe schulzi</i> Haensch, 1905	6	0	4	3	2	0,27
<i>Mechanitis polymnia</i> (Linnaeus, 1758)	4	0	4	4	0	0,22
<i>Callithomia lenea</i> Cramer, 1779	3	1	2	3	0	0,16
<i>Oleria astrea burchelli</i> (Sanders, 1904)	2	0	0	0	2	0,11
<i>Forbestra equicola</i> (Cramer, 1780)	1	0	0	0	1	0,05
<i>Mechanitis mazaesus</i> Hewitson, 1860	1	0	0	0	1	0,05
Número de indivíduos	1844	300	1042	1342	502	100
Riqueza de espécies	15	10	12	12	13	

A curva cumulativa de espécies nas armadilhas chegou a ponto de estabilização, indicando que com uma nova amostragem dificilmente registraria alguma nova espécie (Figura 5). Além da estabilização da curva para armadilhas, as curvas de seus intervalos também mostraram essa tendência convergindo juntamente, enquanto que a curva com o método “rede” ainda possui uma tendência contínua ao crescimento, bem como as curvas dos seus intervalos de confiança.



**Figura 5 - Curva cumulativa de espécies de Ithomiinae com dos métodos de coletas: rede(Re) e armadilha (Ar), incluindo intervalos de confiança de 95 % de cada curva.**

#### A ECFPN E OUTRAS LOCALIDADES NA AMAZÔNIA

É feito uma apresentação do conhecimento da riqueza de Ithomiinae na Amazônia juntamente com este estudo (ver discussão), realizado através de um agrupamento por similaridade de espécies entre os “sítios”, além do número de espécies conhecidos para a região (Tabela 2). Na Tabela 2 a riqueza de espécies de Ithomiinae da ECFPn eleva-se para

16, devido o acréscimo da espécie *Ceratinia neso* (Hübner, [1806]), encontrada na coleção do MPEG.

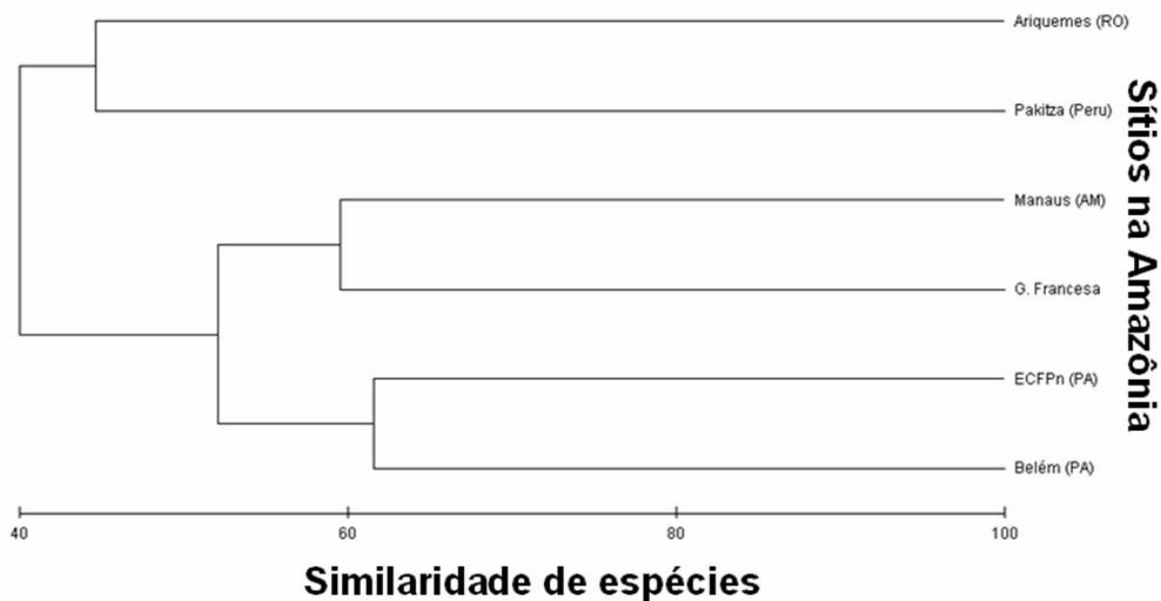


Figura 6. - A ECFPn e outros cinco sítios da Amazônia e suas semelhanças de riqueza de espécies.

Tabela 2. Números de espécies de Ithomiinae por sítios na Amazônia compilado principalmente da literatura. As localidades que estão em negrito são as que foram utilizadas no cluster e que eram as localidades que tinham lista de espécies disponíveis.

Sítios	Nºde espécies	Fonte	Sítios	Nºde espécies	Fonte
<b>ECFPn-PA</b>	16	Atual estudo	<b>G. Francesa</b>	41	Lacomme, 2003
Salto do Céu-MT	17	Brown, 2005	<b>Ariquemes-RO</b>	41	Emmel & Austin, 1990
Norte de Manaus-AM	20	Brown & Hutchings, 1997	Tambopata-Peru	42	Robbins <i>et al.</i> , 1996
<b>Belém-PA</b>	23	Brown, 1979; MPEG	Jaru-RO	57	Brown, 2005
Chapada-MT	24	Brown, 2005	<b>Pakitza-Peru</b>	62	Robbins <i>et al.</i> , 1996
Serra do Carajás-PA	33	Brown, 2005	Cacaulândia-RO	63	Brown, 2005
Cristalino-MT	34	Brown, 2005	Alto Juruá-AC	81	Brown, 2005

## ESTIMATIVA DE RIQUEZA

Avaliando-se os métodos de amostragem separadamente, a curva cumulativa de espécies mostrou-se muito próxima de atingir o platô para a captura com armadilhas, o que é confirmado pelos valores dos estimadores (Tabela 3), máximo de 11 espécies, e também pela análise de completude do inventário, mostrando que a área foi bem amostrada com este método. No entanto, para as capturas efetuadas com redes, ainda há uma tendência em se adicionar espécies, fato evidenciado pelos estimadores, máximo de 12 espécies, e pela completude, indicando que este método precisaria adicionar cerca de 8 horas por mês no inventário se ele fosse refeito, obedecendo a premissa da completude de que nenhuma espécie rara fosse adicionada durante novas coletas.

**Tabela 3. Dados sumarizados para estimativas de riqueza de espécies de borboletas da subfamília Ithomiinae na ECFPn.**

	<i>Armadilhas</i>	<i>Redes</i>	<i>Total</i>
Indivíduos	1342	502	1844
Riqueza de Espécies	12	13	15
ACE	12	19,3	16,4,18
ICE	12	18,9	16,2,05
Chao 1	12	15,2	15,5
Chao 2	12	15,2	15,5
Jacknife 1	12	16	17
Jacknife 2	12	17	18
Bootstrap	12,1	14,4	16
Michaelis-Menten	11,7	11,9	13,7
<i>Singletons</i>	0	3	3
Completude (%)	100	84,6	86,7
Esforço amostral	2000	40	
Espécies diferentes	2	3	

Na avaliação dos métodos em conjunto (redes e armadilhas) com base nos estimadores, espera-se uma riqueza de até 18 espécies de Ithomiinae para a área de amostragem.

#### COMPARAÇÃO DE COLETAS COM REDES E ARMADILHAS

Com base na análise de sobreposição entre as médias das curvas cumulativas e seus intervalos de confiança, a riqueza de espécies entre elas foi similar (Figura 5).

**Tabela 4. Comparação entre os métodos de captura com redes e armadilhas. O teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) foi usado para indicar a tendência de capturas das espécies por método. Legenda: NI = número insuficiente para a análise; \* = apenas espécimes do sub-bosque.**

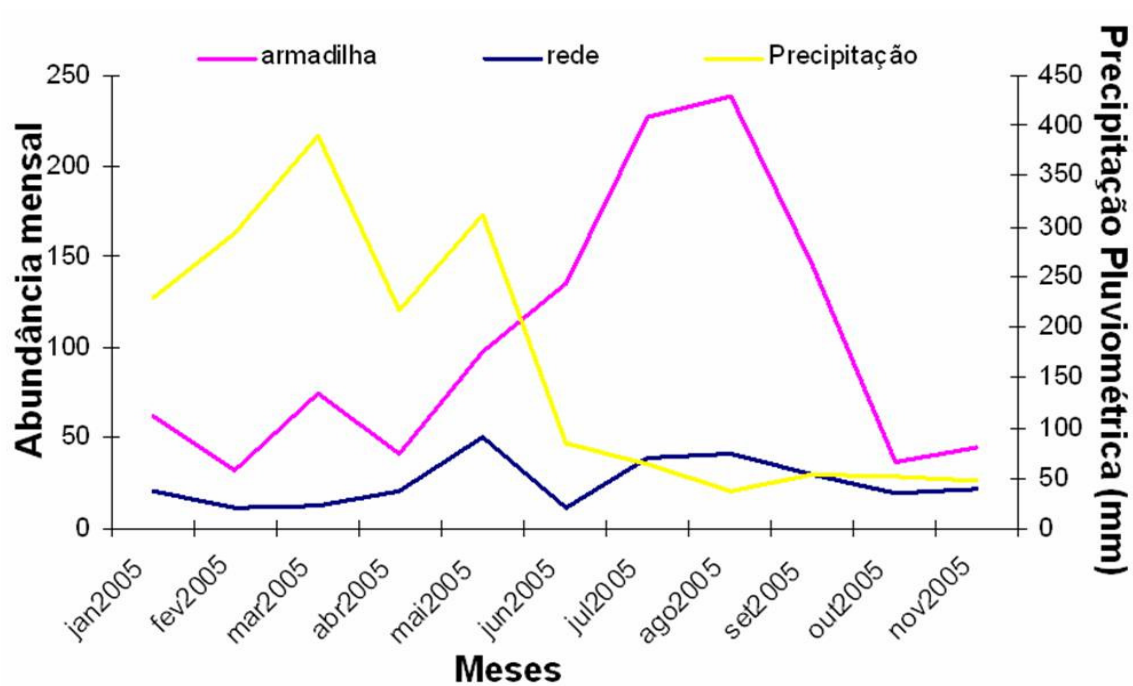
Espécies	Armadilha*	Rede	Total	Armadilha %	$\chi^2$	p
<i>Forbestra equicola</i>	0	1	1	—	NI	—
<i>Mechanitis mazaesus</i>	0	1	1	—	NI	—
<i>Callithomia lenea</i>	2	0	2	—	NI	—
<i>Oleria astrea burchelli</i>	0	2	2	—	NI	—
<i>Mechanitis polymnia</i>	4	0	4	—	NI	—
<i>Callithomia alexirrhoe schulzi</i>	4	2	6	67,0	0,002	>0,1
<i>Scada reckia</i>	8	9	17	47,1	3,23	>0,05
<i>Hypothesis euclea barii</i>	13	1	14	93	4,1	<0,05
<i>Methona</i> sp.	6	21	27	22,2	25,21	<0,001
<i>Melinaea m. mneme</i>	71	23	94	75,5	2,77	>0,05
<i>Hypothesis leprieuri</i>	65	54	119	55,0	8,52	<0,01
<i>Hypothesis xanthostola</i>	150	52	202	74,3	4,212	<0,05
<i>Melinaea l. ludovica</i>	132	85	217	60,8	4,38	<0,05
<i>Napeogenes rhezia</i>	246	113	359	68,5	0,17	>0,07
<i>Hypothesis n. ninonia</i>	341	138	479	71,2	3	>0,05
Número de indivíduos	1042	502	1544	67,5		
Esforço amostral	1000	40				



A captura com armadilhas registrou o maior número de indivíduos e, conforme a análise do Qui-quadrado, os dois métodos de captura foram estatisticamente iguais para as espécies *Hypothyris ninonia*, *Melinaea mneme*, *Napeogenes rhezia* e *Scada reckia*, enquanto que as demais espécies analisadas foram capturadas preferencialmente por armadilhas, exceto *Methona* sp. que foi capturada em maior quantidade com redes entomológicas.

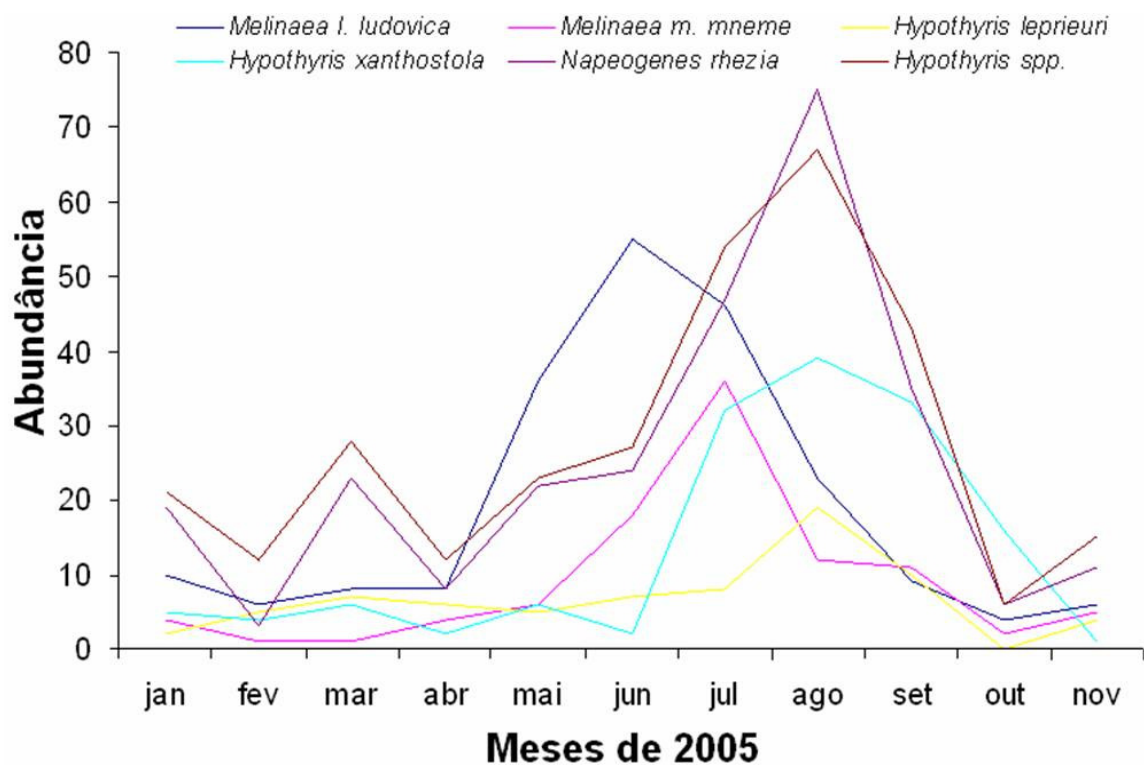
#### VARIAÇÃO MENSAL

As coletas ao longo dos 11 meses de 2005 (janeiro a novembro) sofreram variação acentuada na abundância das espécies, mostrando um máximo de indivíduos no mês de agosto (Figura 7). Na coleta com rede, apesar dos poucos exemplares capturados, pôde-se também verificar essa variação, não tão acentuada quanto ao apresentado pelas amostras em armadilhas. Foi verificado um número reduzido de borboletas na época de grande precipitação (meses janeiro a maio) e um elevado incremento na abundância dos indivíduos nos meses de estiagem (meses junho a novembro), atingindo o máximo no mês de menor precipitação pluviométrica (agosto), de modo que se pôde observar uma inversão entre intensidade pluviométrica e abundância de borboletas Ithomiinae.



**Figura 7. Variação da abundância de Ithomiinae durante os meses de janeiro a novembro de 2005, com a oscilação da precipitação pluviométrica.**

As espécies mais comuns são as responsáveis por este padrão mensal. A abundância das espécies comuns varia entre a estação chuvosa e seca, como mostra a Figura 8. Apesar de *Hypothyris ninonia* ser a espécie mais abundante, observou-se que no mês da maior captura de exemplares (agosto) *Napeogenes rhezia* foi a mais abundante das espécies, com 75 exemplares coletados das armadilhas.



**Figura 8. Capturas mensais em armadilhas das cinco espécies mais comuns de borboletas da subfamília Ithomiinae na ECFPn, em 2005.**

#### ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL

Foi verificada uma grande diferença entre a taxa de captura das armadilhas no sub-bosque e dossel. Para todas as borboletas, em 2005, as armadilhas coletaram 847 no sub-bosque e 288 no dossel. Através do teste-t foi encontrada uma diferença mensal na abundância entre os dois estratos da floresta com  $t = -3,13$ ; desvio padrão = 17,6;  $p = 0,006$ . Não foi encontrada nenhuma espécie exclusiva em apenas um dos estratos, no entanto, das nove espécies analisadas, cinco apresentaram uma tendência a serem registradas por armadilhas no sub-bosque (Tabela 5).

**Tabela 5. Captura de borboletas da subfamília Ithomiinae na ECFPn em 2005 com armadilhas, conforme o estrato da floresta (sub-bosque ou dossel). Na análise apenas  $n \geq 5$ , NI= número insuficiente para análise.**

Espécies	Dossel	Sub-bosque	Total	Dossel (%)	$\chi^2$	P
<i>Callithomia lenea</i>	1	2	3	-	NI	-
<i>Callithomia alexirrhoe schulzi</i>	0	4	4	-	NI	-
<i>Mechanitis polymnia</i>	0	4	4	-	NI	-
<i>Methona</i> sp.	1	6	7	14,3	0,262	>0,50
<i>Scada reckia</i>	1	8	9	11,1	0,655	>0,30
<i>Hypothesis euclea barii</i>	4	13	17	76,5	0,013	>0,50
<i>Hypothesis leprieuri</i>	17	65	82	20,7	0,124	<0,001
<i>Melinaea m. mneme</i>	36	71	107	33,6	7,858	<0,01
<i>Hypothesis xanthostola</i>	29	150	179	16,2	3,905	<0,05
<i>Melinaea l. ludovica</i>	87	132	219	39,7	38,073	<0,001
<i>Napeogenes rhezia</i>	67	246	313	21,4	0,1623	>0,50
<i>Hypothesis n. ninonia.</i>	57	341	398	14,7	14,014	<0,001
Total	300	1042	1342	22,4		

#### RAZÃO SEXUAL

Na comunidade de Ithomiinae da ECFPn foram capturados com redes mais machos que fêmeas, sendo que a predominância de machos foi significativa para todas as espécies analisadas (Tabela 6). A maior diferença absoluta registrada foi para a espécie *Napeogenes rhezia*, sendo que para *Hypothesis xanthostola*, não foi registrada nenhuma fêmea durante o período de estudo. Durante todo o estudo não foram observados “bolsões”, de modo que os indivíduos foram capturados voando isoladamente.

**Tabela 6.** A Captura de borboletas da subfamília Ithomiinae em 2005, com redes entomológicas, conforme o sexo dos exemplares. Legenda: NI = número insuficiente para análise. Asterístico indicando a ausência de fêmea, matematicamente não existe 0/24.

Espécies	Fêmeas	Machos	♂/♀	Total	$\chi^2$	p
<i>Melinaea l. ludovica</i>	22	48	2,2	70	9.66	<0.01
<i>Hypothyris n. ninonia</i>	17	40	2,4	58	9.93	<0.01
<i>Napeogenes rhezia</i>	6	45	7,5	51	29.82	<0.001
<i>Hypothyris leprieuri</i>	4	20	5	24	10.67	<0.01
<i>Hypothyris xanthostola</i>	0	24	24*	24	24.0	<0.001
<i>Melinaea m. mneme</i>	5	16	3,2	21	5.76	<0.02
<i>Methona</i> sp.	1	19	19	20	16.2	<0.001
<i>Scada reckia</i>	3	3	-	6	NI	-
<i>Callithomia alexirrhoe schulzi</i>	0	2	-	2	NI	-
<i>Oleria astrea burchelli</i>	0	2	-	2	NI	-
<i>Hypothyris euclea barii</i>	0	1	-	1	NI	-
<i>Forbestra equicola</i>	1	0	-	1	NI	-
<i>Mechanitis mazaesus</i>	1	0	0	1	NI	-
	60	220	3,7	280		-

#### DIVERSIDADE DA COMUNIDADE

Através da análise de similaridade ANOSIM e do MDS (Figura 9), verificou-se que não houve diferença significativa de diversidade entre os 25 pontos de amostragem ( $R = 0,11$ ;  $p = 0,08$ .), isto é, não foi registrada nenhuma comunidade distinta de Ithomiinae na escala espacial da amostragem.

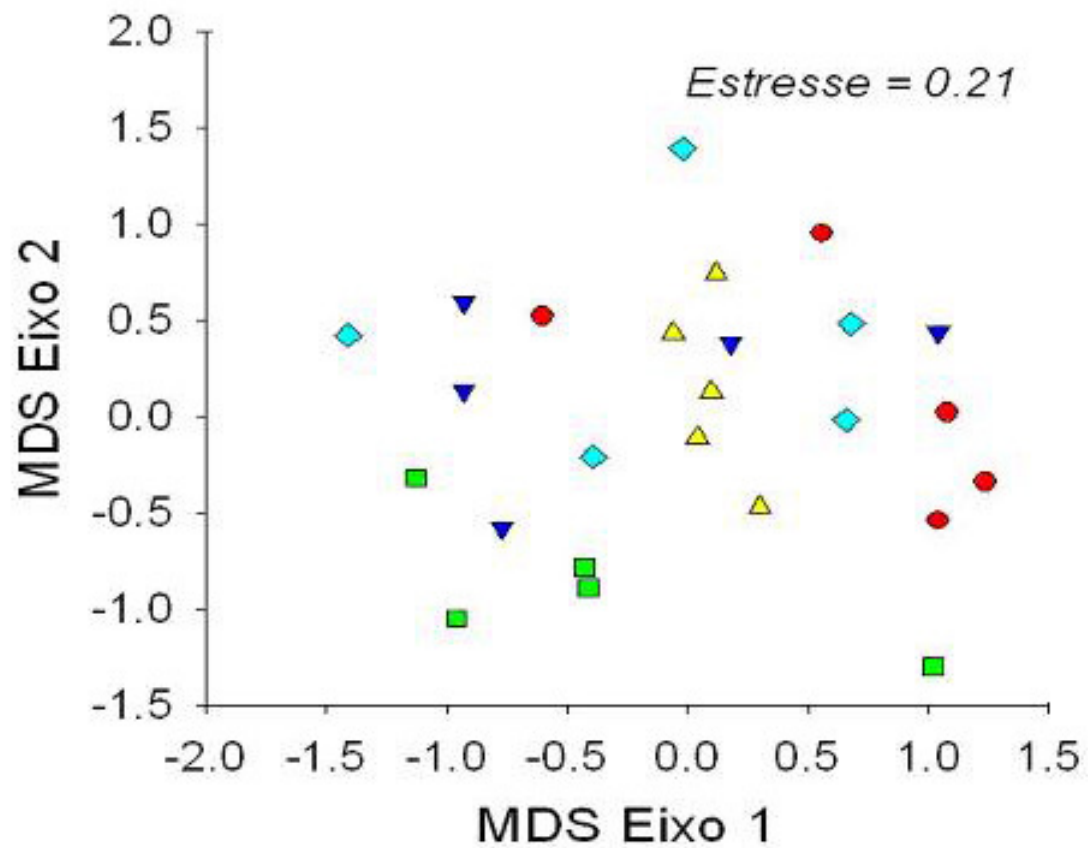


Figura 9. Diversidade espacial na área de amostragem. Símbolos em: vermelho (pontos 1-5); verde (6-10); amarelo (11-15); azul-escuro (16-20) e azul-claro (21-25). A numeração dos pontos refere-se aos pontos presentes na Figura 2.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. RIQUEZA DE ESPÉCIES DE ITHOMIINAE NA ECFPn

Neste estudo foram levantadas 15 espécies de Ithomiinae no campo, no entanto somando as espécies da coleção entomológica do MPEG a riqueza eleva-se para 16 espécies. Silva e Overall (2002) registraram 11 espécies de Ithomiinae para a ECFPn, incluindo quatro espécies não registradas no estudo atual, mas que provavelmente não foram corretamente identificadas, uma vez que não foram mais localizadas na coleção do MPEG. A maior estimativa de Ithomiinae em Caxiuanã foi de 18 espécies, colocando a área com o número de espécies entre ao de Salto do Céu no Mato Grosso com 17 espécies (Brown, 2005) e a área ao norte de Manaus, que possui 20 espécies (Brown & Hutchings, 1997). No entanto, as estimativas estão relacionadas com as técnicas de coletas utilizadas, com o desenho amostral, com o micro-habitat específico, e pode também ser influenciado pela a experiência do coletor (no caso de coletas com rede). Assim, as estimativas são restritas às espécies passíveis de serem amostradas pelos métodos no instante das amostragens. (Coddington *et al.*, 1996). Desta maneira podemos esperar mais espécies para o local, considerando os outros tipos de ecossistemas florestais ainda não amostrados.

Outros levantamentos da Amazônia (Tabela 6) mostram que apesar da área ter sido bem amostrada, ela ainda continua com uma das menores riquezas. No entanto a similaridade da ECFPn com a região de Belém é alta, e as duas compartilham 12 espécies; ou seja, a ECFPn é quase um subconjunto de Belém em termos de espécies (Figura 6 e Tabela 1). Deste modo, espera-se uma riqueza equivalente próxima a de Belém para ECFPn. As áreas com maior riqueza também são as áreas com maior esforço amostral. Por exemplo, em Pakitza (Peru) cinco especialistas em borboletas participaram da coleta de

campo, utilizando várias técnicas de maximização do inventário, incluindo visitação de microhabitat específico (Robbins *et. al*, 1996).

A similaridade entre os sítios está bem relacionada com as distâncias geográficas entre eles com abrangência das coletas. Por exemplo, em Manaus várias coletas foram realizadas depois de Brown e Hutchings (1997) e com uma maior abrangência, deste modo a riqueza já chega 41 espécies (K. S. Brown Jr., comunicação pessoal), ficando este sítio com alta similaridade com a Guiana Francesa (Figura 9).

#### 4.2. COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE COLETA

Coletas com redes e armadilhas têm suas particularidades. Por exemplo, no campo, coletores experientes podem explorar habitats específico para as borboletas, ter uma maior habilidade com as redes, deste modo este método é ativo, influenciado pelo coletor. Já, com o emprego de armadilhas, mesmo com o erro sistemático que os métodos padronizados podem ter, os dados ainda podem ser melhor tratados e comparados estatisticamente, além de que é um método passivo, isto é, independe da experiência do coletor, e, além do mais, o esforço amostral é muito maior em tempo reduzido. As armadilhas de dossel não registraram espécies diferentes das espécies registradas pelas armadilhas de sub-bosque e tiveram pouca eficiência de captura, com poucos indivíduos amostrados, de modo que para um inventário de Ithomiinae, sugere-se aqui que o mais adequado seria um inventário com armadilhas contendo isca de *Heliotropium indicum*, localizadas apenas no sub-bosque da floresta.

A coleta de Ithomiinae com iscas de *Heliotropium* é uma situação artificial, não somente por causa da origem asiática desta espécie vegetal (Corrêa, 1926), mas também por causa do enorme volume do alcalóide que a planta libera. Ainda não se conhecem



todas as fontes naturais de alcalóides utilizadas por Ithomiinae dentro da floresta amazônica.

Além disso, existe variação na atratividade de diferentes espécies à iscas de *Heliotropium*. Por exemplo, 78% dos indivíduos de *Methona* sp. foram coletados com redes entomológicas, e só 22% com armadilhas; já em *Hypothyris xanthostola* 74,3% foram registradas em armadilhas, e apenas 25,7% com as capturas com redes. Isso mostra claramente que nem todas as espécies do grupo são igualmente atraídas pela isca, como já havia sido indicado por Brown (1984b, 1987) DeVries (1987), Trigo *et al.* (1996).

O desvio na proporção de 1:1 com predominância de machos, registrado na maioria dos trabalhos com redes entomológicas, tem sido bastante discutido na literatura. Dentre as explicações mais comuns estão a diferença de comportamento entre machos e fêmeas (Ehrlich, 1984), e o fato de machos serem mais comuns em bordas e caminhos devido a maior abundância de flores (Freitas 1993, 1996). Este desvio para excesso de machos tem sido registrado para muitas espécies de borboletas mesmo quando a razão sexual em criações em laboratório é de 1:1 (Ehrlich, 1965; Brussard & Ehrlich, 1970; Brussard *et al.*, 1974; Matsumoto, 1984; 1985; Freitas, 1993; 2001). No caso específico de Ithomiinae, é sugerido que esta razão sexual desviada é resultado da procura por fontes de alcalóides pelos machos, já que estas se concentram em bordas de caminhos e clareiras (Freitas, 1996).

#### 4.3. ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL

Assim como em vários trabalhos (Papageorgis, 1975; DeVries, 1988; Medina *et al.*, 1996; Becalloni, 1997; DeVries *et al.*, 1997; DeVries & Walla, 2001; Willmott & Mallet, 2004), no atual também foi encontrada uma estratificação, neste caso por preferência do estrato da floresta, as espécies *Hypothyris leprieuri*, *H. xanthostola*, *Hypothyris N. ninonia*, *Melinaea ludovica*, *Melinaea mneme* foram comuns no estrato de sub-bosque. Em um estudo no Equador não foi verificada a estratificação para Ithomiinae, mas não se pode levar em consideração já que as espécies que foram capturadas em isca de bananas, além disso, foi um ano de amostragem com somente 207 indivíduos registrados neste largo período (DeVries *et al.*, 1997). As espécies *Callithomia alexirrhoe* e *Mechanitis polymnia* foram encontradas apenas no sub-bosque da floresta, no entanto devido a baixa abundância não se pode afirmar que elas sejam exclusivas ou se voam preferencialmente neste estrato, uma vez que cada uma delas foi representada por apenas quatro exemplares.

#### 4.4. PERSPECTIVA DA SUBFAMÍLIA ITHOMIINAE COMO GRUPO INDICADOR

Existe uma vasta literatura sobre insetos como indicadores biológicos (Brown, 1996; 1997a, b, Brown & Freitas, 2000; Freitas *et al.* 2003; Kremen, 1992; Kremen *et al.* 1993; New, 1997; New *et al.* 1995; Oliver & Beattie, 1996; Pearson & Cassola, 1992), discutindo diversos aspectos destes organismos que justificam sua utilidade neste sentido. Apesar de muitos destes grupos terem sido estudados com detalhe, incluindo estudos que correlacionam sua presença e abundância num sistema com as características do ambiente, a comparação entre várias localidades ainda não foi realizada, para testar como funcionam

estes indicadores e como eles podem variar entre diferentes paisagens. Dentre os vários grupos classicamente citados como importantes estão as espécies da subfamília Ithomiinae. No presente trabalho foi proposto um protocolo para amostrar comparativamente espécies deste grupo, mostrando que é possível usar Ithomiinae como indicadores biológicos. O protocolo proposto, baseado em armadilhas com isca, permite que estudos comparativos com esforço padronizado sejam efetuados, à semelhança do que é proposto para borboletas frugívoras (Freitas *et al.* 2003). O próximo passo agora é o teste deste protocolo em áreas com diferentes graus de perturbação antrópica, com intuito de saber se os Ithomiinae podem ser realmente bons indicadores biológicos neste nível.

## 5. CONCLUSÕES

- Foram registradas para a área de estudo 15 espécies do grupo Ithomiinae, sendo 14 através das coletas realizadas pelo presente trabalho e uma por levantamento do material de coleção do MPEG.
- A área se caracterizou por uma baixa riqueza de espécies quando comparada a outras áreas na Amazônia.
- Pôde-se constatar que cinco espécies (*Methona* sp., *Hypothyris leprieuri*, *Hypothyris xanthostola*, *Melinaea ludovica*, *Hypothyris ninonia*) foram mais abundantes no sub-bosque, apresentando uma estratificação vertical evidente.
- Os métodos utilizados (armadilhas com isca e redes entomológicas) registraram uma riqueza de espécies similar.
- A eficiência de captura das armadilhas com isca foi maior no sub-bosque.
- A espécie *Methona* sp. não se mostrou susceptível à isca utilizada (fedegoso - *Heliotropium indicum*), quando comparada às outras espécies de Ithomiinae.
- Observou-se entre os indivíduos capturados uma predominância de machos, sendo recomendado que novos estudos na área da ECFPn sejam acompanhados por ensaios de laboratório.
- Pôde-se observar um decréscimo na abundância das espécies com o aumento da precipitação pluviométrica.
- Como protocolo de amostragem para Ithomiinae sugere-se somente a utilização de armadilhas com iscas de fedegoso em sub-bosque.
- Não foi encontrada diferença na composição e estrutura da comunidade de Ithomiinae entre as parcelas amostradas.
- Sugere-se que novos estudos sejam realizados em diferentes habitats na ECFPn.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERY, P.R. & VANE-WRIGHT R.I. 1984. **The milkweed butterflies: their cladistics and biology**. British Museum (Natural History). British Museum of Natural History and Cornell University Press. 425 p.
- ALMEIDA, S.S.; LISBOA, P.L.B. & SILVA, A.S.L. 1993. Diversidade florística de uma comunidade arbórea da Estação Científica Ferreira Penna, em Caxiuana, PA. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica**, **9**: 93-188.
- BASLEV, H.; LUTEYN, J.; OLLGAARD, B. & HOLM-NIELSEN, L. 1987. Composition and structure of adjacent unflooded and floodplain forest in Amazonian Ecuador. **Opera Botanica**, **92**: 35-57.
- BATRA, P. 2003. **Tropical Ecology, Assessment, and Monitoring (TEAM) Initiative: butterfly monitoring protocol**. Disponível em: [http://www.teaminitiative.org/application/resources/pdf/butterfly\\_3\\_13\\_03.pdf](http://www.teaminitiative.org/application/resources/pdf/butterfly_3_13_03.pdf). (acessado em 18.01.2006).
- BECCALONI, G.W. 1997. Vertical stratification of ithomiine butterfly (Nymphalidae: Ithomiinae) mimicry complexes: the relationship between adult flight height and larval host-plant height. **Biological Journal of the Linnean Society**, **62**: 313-341.
- BECCALONI, G.W. & GASTON K.J. 1995. Predicting the species richness of neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. **Biological Conservation**, **71**: 77-86.
- BROWER, A.V.Z.; FREITAS, A.V.L.; LEE, M.; SILVA-BRANDÃO, K.L.; WHINNETT, A. & WILLMOTT, K. R. 2006. Phylogenetic relationships among the Ithomiini (Lepidoptera: Nymphalidae) inferred from one mitochondrial and two nuclear gene regions. **Systematic Entomology**, **31**: 288-301.

- BROWN JR., K.S. 1979. **Ecologia geográfica e evolução nas florestas neotropicais**. Tese de Livre Docência, Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Zoologia. 265 p.
- BROWN JR., K.S. 1984a. Adult-Obtained Pyrrolizidine Alkaloids Defend Ithomiine Butterflies Against A Spider Predator. **NATURE**, **309**: 707-709.
- BROWN JR., K.S. 1984b. Chemical ecology of dehydropyrrolizidine alkaloids in adult Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae). **Revista Brasileira de Biologia**, **44**: 435-460.
- BROWN JR., K.S. 1987. Chemistry at the Solanaceae/Ithomiinae interface. **Annals of Missouri Botanical Gardens**, **74**: 359-397.
- BROWN JR., K.S. 1991. Conservation of neotropical environments: insects as indicators. Pp. 349-404. *In*: COLLINS, N.M. & THOMAS, J.A. (eds.). **The conservation of insects and their habitats**. Academic Press. 430 p.
- BROWN JR., K.S. 1996. Diversity of Brazilian Lepidoptera: history of study, methods for measurement, and use as indicator for genetic, specific and system richness. Pp. 221-254. *In*: BICUDO, C.E.M. & MENEZES, N.A. (eds.). **Biodiversity in Brazil: a first approach**. Instituto de Botânica & CNPq. 326 p.
- BROWN JR., K.S. 1997. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais. Pp. 143-155. *In*: MARTOS, H.L. & MAIA, N.B. (eds.). **Indicadores ambientais**. PUC & Shell do Brasil. 266 p.
- BROWN JR, K.S. 2005. Geologic, Evolutionary, and Ecological Bases of the Diversification of Neotropical Butterflies: Implications for Conservation. Pp. 166-201. *In*: BERMINGHAM, E.; DICK, C.W. & MORITZ, C. **Tropical Rainforests: Past, Present, And Future Cap.10**. The University of Chicago Press. 672 p.

- BROWN JR., K.S. & HUTCHINGS R.W. 1997. Disturbance, fragmentation, and the dynamics of diversity in Amazonian forest butterflies. Pp. 91-110. *In*: LAURENCE, W.F. & BIERREGAARD JR., R.O. (eds.) **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. University of Chicago Press. 632 p.
- BROWN JR., K.S. & FREITAS, A.V.L. 1999. Lepidoptera. Pp. 225-243. *In*: JOLY, C. & BICUDO, C. (orgs.) **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Síntese do Conhecimento ao Final do Século XX**, cap.5: Invertebrados Terrestres/BRANDÃO, C. & CANCELLO, E. (eds.). FAPESP XVIII+279.
- BROWN JR., K.S. & FREITAS, A.V.L. 1994. Juvenile stages of Ithomiinae: an overview and systematics (Lepidoptera: Nymphalidae). **Tropical Lepidoptera**, **5**: 9-20.
- BROWN JR., K.S. & FREITAS, A.V.L. 2000a. Atlantic Forest Butterflies: Indicators for Landscape Conservation. **Biotropica**, **32**: 150-172.
- BROWN JR., K.S. & FREITAS, A.V.L. 2000b. Diversidade de Lepidoptera em Santa Teresa, Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, **11/12**: 71–116.
- BRÜCKMANN, M; TRIGO, J.R.; FOGLIO, M.A. & HARTMANN, T. 2000. Storage and metabolism of radioactively labeled pyrrolizidine alkaloids by butterflies and larvae of *Mechanitis polymnia* (Lepidoptera: Nymphalidae, Ithomiinae), **Chemoecology**, **10**: 25-32.
- BRUSSARD, P.F. & EHRLICH, P.R. 1970. The population structure of *Erebia epipsodea* (Lepidoptera: Satyrinae). **Ecology**, **51**: 119-129.
- BRUSSARD, P.F., EHRLICH, P.R. & SINGER, M.C. (1974). Adult movements and population structure in *Euphydryas editha*. **Evolution**, **28**: 408-415.
- CLARKE, K.R. & GORLEY, R.N. 2001. **PRIMER versão 5: User manual/tutorial**. PRIMER-E. Plymouth. UK. Pp. 1-91.

- CODDINGTON, J.A.; YOUNG, L.H., & COYLE, F.A. 1996. Estimating spider species richness in a southern Appalachian cove hardwood forest. **Journal of Arachnology**, **24**: 111-128.
- CORRÊA, M.P. 1926. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas: BorrAGEM Brava, vol. I**. Imprensa Nacional. p. 322.
- COSTA, F. 2004. Plantas Hospedeiras, Insetos Folívoros e o Terceiro Nível Trófico. **La Insignia**, Ecologia. Pp. 1-11. disponível em <http://www.lainsignia.org/> (acessado em 18.06.2004).
- COLWELL, R.K. 2005. **EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Versão 7.5. Disponível em <http://purl.oclc.org/estimates>
- D'ABRERA, B.L. 1984. **The butterflies of the Neotropical region. Part 2. Danaidae, Ithomiidae, Heliconiidae and Morphidae**. Fearnly Creek, Hill House. Pp.1-210.
- DAILY, G.C. & EHRLICH, P.R. 1995. Preservation of biodiversity in small rainforest patches: rapid evaluations using butterfly trapping. **Biodiversity and Conservation**, **4**: 35-55.
- DEVRIES, P.J. 1987. **The Butterflies of Costa Rica and their Natural History: Volume 1, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae**. Princeton University Press. 327 p.
- DEVRIES, P.J. 1988. Stratification of fruit-feeding nymphalid butterflies in a Costa Rican rainforest. **Journal of Research on the Lepidoptera**, **26**: 98-108.
- DEVRIES, P.J.; MURRAY, D. & LANDE, R. 1997. Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. **Biological Journal of the Linnean Society**, **62**: 343-364.
- DEVRIES, P.J.; LANDE, R. & MURRAY, D. 1999. Associations of co-mimetic ithomiine butterflies on small spatial and temporal scales in a neotropical rainforest. **Biological Journal of the Linnean Society**, **67**: 73-85.



- DEVRIES, P.J. & WALLA, T.R. 2001. Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. **Biological Journal of the Linnean Society**, **74**: 1-15.
- DRUMMOND III, B.A. & BROWN JR., K.S. 1987. Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae): summary of known larval food plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, **74**: 341-358.
- EDGAR, J.A. 1984. Parsonsieae: ancestral larval food plants of the Danainae and Ithomiinae. Pp. 91–93. *In*: VANE-WRIGHT, R.I. & ACKERY, P.R. (eds), **The Biology of Butterflies**. Academic Press. 429 p.
- EMMEL, T.C. & AUSTIN, G.T. 1990. The tropical rain forest butterfly fauna of Rondonia, Brazil: Species diversity and conservation. **Tropical Lepidoptera**, **1**: 1–12.
- EHRlich, P.R. 1958. The comparative morphology, phylogeny and higher classification of the butterflies (Lepidoptera: Papilionidea). **Kansas University Science Bulletin**, **39**: 305-370.
- EHRlich, P. R. 1965. The population biology of the butterfly, *Euphydryas editha*. II. The structure of the Jasper Ridge colony. **Evolution**, **19**: 327-336.
- EHRlich, P.R. 1984. The structure and dynamics of butterfly populations. Pp. 25-40 *In*: Vane-Wright, R.I. & Ackery, P.R. (eds.). **The Biology of Butterflies**. Academic Press. 429 p.
- FERREIRA, V.L.; ALMEIDA, S. & ROSÁRIO, C.S. 1997. Florística e estrutura dos ambientes. Pp. 195-211. *In*: LISBOA, P.L.B. (org.). **Caxiuanã**. Museu Paraense Emílio Goeldi. 446 p.
- FOX, R.M. 1956. A monograph of the Ithomidae (Lepidoptera). Part I. **Bulletin of American Museum of Natural History**. Pp. 1-76.
- FREITAS, A.V.L. 1993. Biology and population dynamics of *Placidula euryanassa*, a relict ithomiine butterfly (Nymphalidae: Ithomiinae). **Journal of Lepidopterists Society**, **47**: 87-105.

- FREITAS, A.V.L. 1996. Population biology of *Heterosais edessa* (Nymphalidae) and its associated Atlantic Forest Ithomiinae community. **Journal of Lepidopterists Society**, **50**: 273-289.
- FREITAS, A.V.L.; BENSON, W.; MARINI-FILHO, O.J. & CARVALHO, R.M. 1997. Territoriality by the dawn's early light: the neotropical owl butterfly *Caligo idomenaeus* (Nymphalidae: Brassoliniinae) **Journal of Research on the Lepidoptera** **34**: 14–20.
- FREITAS, A.V.L.; FRANCINI, R.B. & BROWN JR., K.S. 2003. Insetos como indicadores ambientais. Pp. 125-151. *In*: CULLEN JR., L.; RUDRAN, R. & VALLADARES-PÁDUA, C. (eds.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Universidade Federal do Paraná & Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. 668 p.
- FREITAS, A.V.L.; VASCONCELLOS NETO, J.; VANINI, F.; TRIGO, J.R. & BROWN JR., K.S. 2001. Population studies of *Aeria olena* and *Tithorea harmonia* (Nymphalidae, Ithomiinae) in Southeastern Brazil. **Journal of the Lepidopterists Society**, **55** (4): 150-157.
- GENTRY, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. **Annual Missouri Botanical Garden**, **75** (1): 1-34.
- HARVEY, D.J. 1991. Appendix B. Higher classification of the Nymphalidae. Pp. 255-272. *In* Nijhout, H.F. (ed.) **The development and evolution of butterfly wing patterns**. Smithsonian Institution Press. 318 p.
- HILTY, J. & MERENLENDER, A. 2000. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. **Biological Conservation**, **92**: 185-197.
- ILKIU-BORGES A.; SILVA, A.; LISBOA, P.L.B.; LISBOA, R.; COSTA, D.; SANTOS, W. & ROSÁRIO C. 2002. A Estação Científica Ferreira Penna/ECFPn. Pp. 235-287. *In*: LISBOA, P.L.B.

- (ed.). **Caxiuanã: Populações Tradicionais, Meio Físico & Diversidade Biológica**. Museu paraense Emílio Goeldi. 734 p.
- JORON, M. & MALLET, J.L.B. 1998. Diversity in mimicry: paradox or paradigm? **Trends in Ecology Evolution**, **13**: 461-466.
- KRISTENSEN, N.P. 1976. Remarks on the Family-Level Phylogeny of Butterflies (Insecta, Lepidoptera, Rhopalocera). **Zeitschrift für Zoologisch. Systematik und Evolutionsforschung**. **14**: 25-33.
- LACOMME, D. 2003. Liste des Rhopalocères de Guyane française. Pp. 155-177. *In*: LACOMME, D. & MANIL, L. **Lépidoptères de Guyane**, Lépidoptéristes Parisiens. 188 p.
- LAMAS, G. 1999. Nymphalidae II. Part. 3, Ithomiinae. Pp. 1-17. *In*: BAUER, E. & FRANKENBACH, T. (eds.). **Butterflies of the World**. Goecke & Evers. 17 p.
- LAMAS, G. (Ed.) 2004. **Checklist: Part 4A. Hesperioidea-Papilionoidea**. Association for Tropical Lepidoptera. 439 p. (+xxxvi).
- LAMAS, G.; CASAGRANDE, M.M.; VILLORIA, A.L. & PYRCZ, T.W. 2004. NYMPHALIDAE. Pp. 171-274. *In*: LAMAS, G. (ed.) 2004. **Checklist: Part 4A. Hesperioidea-Papilionoidea**. Association for Tropical Lepidoptera. 439 p.
- LANDRES, P.B.; VERNER, J. & THOMAS, J.W. 1988. Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. **Conservation Biology** **2**: 316-328.
- LEWIS, H.L. 1973. **Butterflies of the world**. Follett. 312 p. (+xvi)
- LISBOA, P.L.B. 1997. A Estação Científica Ferreira Penna/ECFPn. Pp.23-49 *In*: LISBOA, P.L.B., (ed.) **Caxiuanã**. Museu Paraense Emílio Goeldi. 446 p.
- LISBOA, P.L.B.; SILVA, A.S.L. & ALMEIDA, S. 1997. Florística e estrutura dos ambientes. Pp.163–194. *In*: LISBOA, P.L.B. (org.). **Caxiuanã**. Museu paraense Emílio Goeldi. 446 p.

- LOVEJOY, T.E.; BIERREGAARD JR., R.O.; RYLANDS, A.B.; MALCOLM, J.R.; QUINTELA, C.E.; HARPER, L.H.; BROWN JR., K.S.; POWELL, A.H.; POWELL, G.V.N.; SCHUBART, H.O.R. & HAYS, M. 1986. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. Pp.257-285. *In*: SOULÉ, M.E. (ed.). **Conservation Biology: the Science of Scarcity and Diversity**, Sinauer Association. 584 p.
- MAGURRAN, A.E. 2004. **Measuring Biological Diversity**. Blackwel Science ltd. 256 p.
- MALLET, J. & JORON, M. 1999. Evolution of diversity in warning color and mimicry: polymorphisms, shifting balance, and speciation. **Annual Review of Ecology and Systematics**, **30**: 201-233.
- MATSUMOTO, K. 1984. Population dynamics of *Luehdorfia japonica* Leech (Lepidoptera: Papilionidae). I. A preliminary study on the adult population. **Researches on Population Ecology**, **26**: 1-12.
- MATSUMOTO, K. 1985. Population dynamics of the Japanese clouded apollo *Parnassius glacialis* Butler (Lepidoptera: Papilionidae). I. Changes in population size and related population parameters for three successive generations. **Researches on Population Ecology**, **27**: 301-312.
- MEDINA, M.C.; ROBBINS, R.K. & LAMAS, G. 1996 Vertical stratification of flight by ithomiine butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae) at Pakitza, Manu National Park, Peru. Pp.211–216. *In*: WILSON, D.E. & SANDOVAL, A. (eds). **Manu, The biodiversity of southeastern Peru**, Smithsonian Institution. 679 p.
- MORI, S.A.; RABELLO, B.V.; TSOU, C.H. & DALY, D. 1989. Composition and structure of eastern Amazonian forest at Camaipi, Amapá, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica**, **5** (1): 25-38.

- MOTTA, P.C. 2003. Phylogenetic relationships of the Ithomiinae based on first-instar larvae. Pp.409-429. *In*: BOGGS, C. L.; WATT, W. B. & EHRLICH, P. R. (eds.). **Butterflies: ecology and evolution taken flight**. University of Chicago Press. 756 p.
- MOUTINHO, P. & NEPSTAD, D. 2001. As funções ecológicas dos ecossistemas florestais: implicações para a conservação e uso da biodiversidade amazônica. Pp.177-183. *In*: CAPOBIANCO, J.P.R.; VERÍSSIMO, A.; MOREIRA, A.; SAWYER, D.; SANTOS, I. & PINTO, L.P. (eds.). **Biodiversidade na Amazônia brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios**. Instituto Socioambiental, 540 p.
- NEW, T.R. 1997. Are Lepidoptera an effective "umbrella group" for biodiversity conservation. **Journal of Insect Conservation**, **1**: 5-12.
- NEW, T.R.; PYLE, R.M.; THOMAS, J.A.; THOMAS, C.D. & HAMMOND, P.C.. 1995. Butterfly conservation management. **Annual Review of Entomology**, **40**: 57-83.
- NOSS, R.F. 1990. Indicators of monitoring biodiversity: a hierarchical approach. **Conservation Biology**, **4**: 355-364.
- OLIVEIRA, M.C.F.; COSTA, A.C.L.; COSTA J.P.R. & PEREIRA, M.G.P. 2002. Comportamento dos elementos meteorológicos. Pp. 217-224. *In*: LISBOA, P.L.B. (ed.) **Caxiuanã: Populações Tradicionais, Meio Físico & Diversidade Biológica**, Museu Paraense Emílio Goeldi. 734 p.
- OLIVER, J. & BEATTIE, A.J. 1996. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. **Conservation Biology**, **10** p.99-109.
- ORR, A.G.; TRIGO, J.R.; WITTE, L. & HARTMANN, T. 1996. Sequestration of pyrrolizidine alkaloids by larvae of *Tellervo zoilus* (Lepidoptera: Ithomiinae) and their role in the chemical protection of adults against the spider *Nephila maculata* (Araneidae). **Chemoecology**, **7**: 68-73.

- OTERO, L.S. 1986. **Borboletas: livro do naturalista**. Fundação de Apoio ao Estudante – MEC/Ministério da Educação. 111 p.
- OVERAL, W.L. 2001. O peso dos invertebrados na balança de conservação biológica da Amazônia. Pp.50-59. *In*: CAPOBIANCO, J.P.R.; VERÍSSIMO, A.; MOREIRA, A.; SAWYER, D.; SANTOS, I. & PINTO, L.P. (eds.). **Biodiversidade na Amazônia Brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios**. Instituto Socioambiental, 540 p.
- OVERAL, W.L. & MASCARENHAS, B.M. 1993. Recomendações para o inventário faunístico da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia**, **9**: 329-339.
- PAPAGEORGIS, C.A. 1975. Mimicry in neotropical butterflies. **American Scientist**, **63**: 522-532.
- PLISKE, T.E.; EDGAR, J.A. & CULVENOR, C.C.J. 1976. The Chemical Basis of Attraction of Ithomiine Butterflies to Plants Containing Pyrrolizidine Alkaloids. **Journal of Chemical Ecology**, **2**: 225-262.
- POOLE, R.W. 1970. Habitat preferences of some species of a Müllerian-mimicry complex in northern Venezuela, and their effects on evolution of mimic-wing pattern. **Journal of the New York Entomological Society**. **78**: 121–129.
- PURVIS, A. & HECTOR, A. 2000. Getting the measure of biodiversity. **Nature**, **405**: 212-219.
- ROBBINS, R.K.; LAMAS, G; MIELKE, O.H.H.; HARVEY, D.J. & CASAGRANDE, M.M. 1996. Taxonomic composition and ecological structure of the species-rich butterfly community at Pakitza, Parque Nacional del Manu, Peru. Pp.217-252. *In* WILSON, D.E. & SANDOVAL, A. (eds.) **La Biodiversidad del Sureste del Peru: Manu, Biodiversity of Southeastern Peru**. Horizonte In press. 679 p.

- RAY, T. & ANDREWS, C.C. 1980. Ant butterflies: butterflies that follow army ants to feed on antbird droppings. **Science**, **210**: 1147-1148.
- SANTOS, A.J. 2003. Estimativas de riqueza em espécies. Pp.19–41. *In*: CULLEN JR., L; RUDRAN, R., & VALLADARES-PADUA, C. (eds.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Universidade Federal do Paraná. 669 p.
- SEITZ, A. (ed.) 1907-1924. **Die Gross-Schmetterlinge der Erde: Amerikanische Tagfalter (Vol. 5)** Alfred Kernen. 1030 p.
- SHUEY, J.A. 1997. An optimizing portable bait trap for quantitative sampling of butterflies. **Tropical Lepidoptera**, **8**: 1-4.
- SILVA, A.S.L.; LISBOA, P.L.B.; & MACIEL, U.N. 1992. Diversidade florística e estrutura em floresta densa da bacia do rio Juruá-AM. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. série Botânica**, **4** (1): 1-46.
- SILVA, P.J. & OVERAL, W.L. 2002. As borboletas. Pp.521-532. *In*: LISBOA, P.L.B. (ed.) **Caxiuanã: Populações Tradicionais, Meio Físico & Diversidade Biológica**. Museu Paraense Emílio Goeldi. 734 p.
- TOTI, D.S.; COYLE, F.A. & MILLER, J.A. 2000. A Structure Inventory Apalachian Grass Bald Spider Assemblages and a Test of Species Richness Estimator Performance. **The Journal of Aracnology**, **28**: 329-345.
- TRIGO, J.R.; BROWN JR., K.S.; HENRIQUES, S.A. & BARATA, L.E.S. 1996. Qualitative patterns of pyrrolizidine alkaloids in Ithomiinae butterflies. **Biochemical Systematics and Ecology**, **24**: 181-188
- TRIGO, J.R. & BROWN JR., K.S. (1990) Variation of pyrrolizidine alkaloids in Ithomiinae: a comparative study between species feeding on Apocynaceae and Solanaceae. **Chemoecology**, **1**: 22–29.

WILLMOTT, K.R. & MALLET, J. (2004). Correlations between adult mimicry and larval hostplants in ithomiine butterflies. **Proceedings of the Royal Society of London (Biology Letters) Series B**, 271: 266-269.