Pedro Ivo Chiquetto Machado

**Estrutura e composição da comunidade de esfingídeos
(Lepidoptera: Sphingidae) atraídos por luz da Estação
Biológica de Boraceia, Salesópolis, São Paulo**

**Structure and composition of the light-attracted hawkmoth
community (Lepidoptera: Sphingidae) of the Boraceia
Biological Station, Salesópolis, São Paulo**

São Paulo

2014

Pedro Ivo Chiquetto Machado

**Estrutura e composição da comunidade de esfingídeos
(Lepidoptera: Sphingidae) atraídos por luz da Estação
Biológica de Boraceia, Salesópolis, São Paulo**

**Structure and composition of the light-attracted hawkmoth
community (Lepidoptera: Sphingidae) of the Boraceia
Biological Station, Salesópolis, São Paulo**

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade de São
Paulo, para a obtenção de Título de
Mestre em Ciências, na Área de
Zoologia.

Orientador:

Prof. Dr. Marcelo Duarte da Silva

São Paulo

2014

Ficha Catalográfica

Chiquetto-Machado, Pedro Ivo

Estrutura e composição da comunidade de esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) atraídos por luz da Estação Biológica de Boraceia, Salesópolis, São Paulo.

VI+202 pp.

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia.

1. Sphingidae 2. Diversidade 3. Mata Atlântica I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Zoologia.

Comissão Julgadora

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof. Dr. Marcelo Duarte da Silva

Orientador

“O que era isso, que a desordem da vida podia sempre mais do que a gente? (...) Eu queria minha vida própria, por meu querer governada.”

João Guimarães Rosa, *Grande Sertão: Veredas*

*“Coisas que você nunca pensou fazer
aparecem na cabeça em noites de verão.
O vento morno, o voo das mariposas
dão força de vida à imaginação.”*

Sá e Guarabyra, *Peixe voador*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Marcelo Duarte, que prontamente aceitou me orientar e, com muita disponibilidade e grande entusiasmo, ajudou a concretizar o meu desejo de retornar ao mundo dos insetos.

Ao Prof. Marcos Vital, que demonstrou grande interesse em colaborar com o trabalho e cuja participação foi fundamental para a tomada de decisões e rumos acertados.

Ao técnico Renato Silva, que foi meu principal instrutor na montagem, conservação e organização das mariposas na coleção do Museu de Zoologia.

A Ana Vasques, Firmino Gomes, Geraldo dos Santos e Mercedes da Silva, funcionários do Museu de Zoologia que possibilitaram a realização das minhas viagens a campo e, com muita dedicação, me auxiliaram na superação de problemas burocráticos e de infraestrutura da Estação Biológica de Boraceia.

A Danilo Mancio, técnico da Sabesp, pelo fornecimento de dados climáticos, e a Joaquim, vigia da Sabesp, pela dedicação e auxílio prestado em minhas estadias em campo.

Ao técnico Alexandre Soares, pelo fornecimento de fotografias de espécimes e informações sobre o acervo do Museu Nacional da UFRJ.

A Juliana Crespo, pelo ótimo serviço prestado de edição de imagens.

A Carlos Zucco, pelo fornecimento de um mapa utilizado nesta dissertação.

A todos os amigos que me auxiliaram e fizeram companhia por algumas (ou muitas!) horas coletando mariposas na casinha no mato: Lucas, Gláucia, Lívia, Vinicius, Felipe, Mônica, Pedro Alvim (que há mais de 15 anos é para mim um grande amigo) e, é claro, Fabiano, que com seus hábitos pouco convencionais e quase 300 horas de companhia coletando, é responsável por muito do que aprendi durante o mestrado.

A todos os outros amigos de laboratório ou de Museu que, mesmo sem participação direta nas coletas, também foram muito importantes por outras formas de contribuição com o trabalho e por ótimos momentos passados juntos: Ananda, Simeão, Kely, Anderson, Nalva, Rafael, Higor, Eduardo, Tainá, Thiago, Dani, Juarez, Henrique, Ingrid, Hingrid.

A meus pais, Pedro e Míriam, e minhas irmãs, Madalena e Isabel, que me deram total apoio no trabalho (inclusive com o empréstimo de carro para várias coletas) e tornaram meu dia a dia mais divertido ao demonstrar grande interesse pelas mariposas e outros artrópodes.

À minha querida Alessandra, pela enorme contribuição prática feita ao trabalho (companhia em 16 noites de coleta, diversas leituras e sugestões ao texto) e por ser a maior amizade e certeza em todos os aspectos da minha vida.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), que concedeu a bolsa para a realização do projeto (processo 2012/12087-0), e aos auxílios concedidos ao laboratório que resultaram na infraestrutura utilizada neste trabalho (FAPESP: processos 2002/13898-0, 2010/14682-8, 2011/50225-3; CNPq/SISBIOTA: processo 563332/2010-7).

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO	3
1. Lepidoptera	3
2. Sphingidae.....	3
3. Mata Atlântica.....	7
4. Estação Biológica de Boraceia (EBB).....	8
5. Levantamentos de esfingofauna na Mata Atlântica e motivação do presente estudo	13
OBJETIVOS	15
MATERIAL E MÉTODOS	16
1. Área de estudo.....	16
2. Amostragem e identificação dos esfingídeos	16
3. Análise de dados	17
3.1. Análise dos dados obtidos nas coletas do presente estudo	17
3.2. Comparações com os dados provenientes de coletas antigas na EBB	20
3.3. Comparações com os dados provenientes de outros levantamentos de esfingofauna na Mata Atlântica.....	22

RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
1. Comunidade de Sphingidae da EBB durante a campanha 2012-2013	25
1.1. Panorama geral.....	25
1.2. Curva de amostragem de espécies e riqueza estimada	30
1.3. Variações na estrutura da comunidade ao longo do ano	33
1.3.1. Variações na riqueza de espécies ao longo do ano.....	33
1.3.2. Variações na abundância ao longo do ano	34
1.3.3. Variações e padrões na composição e na equabilidade ao longo do ano.....	36
1.4. Variações na estrutura da comunidade ao longo da noite	50
1.4.1. Variações na riqueza de espécies ao longo da noite.....	50
1.4.2. Variações na abundância ao longo da noite	52
1.4.3. Variações e padrões na composição ao longo da noite	54
1.5. Influência de variáveis climáticas durante a coleta	64
1.6. Razão sexual.....	76
2. Comparações com dados antigos da EBB e com outros levantamentos de Sphingidae.....	84
2.1. Análise crítica da lista de espécies de esfingídeos da EBB (DUARTE <i>et al.</i> , 2008) e panorama da comunidade de 1940 até 2013.....	84
2.2. Comparações entre as campanhas 1948-1950 e 2012-2013.....	94
2.3. Comparações com outros levantamentos de Sphingidae na Mata Atlântica	106
CONCLUSÕES.....	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
APÊNDICE: Guia Ilustrado dos Esfingídeos da Estação Biológica de Boraceia.....	133
APRESENTAÇÃO	134
PARTE I: Lista de espécies.....	136
PARTE II: Caracterização das espécies	139
PARTE III: Fotografias.....	162

RESUMO

De julho de 2012 a junho de 2013 foram realizadas doze expedições mensais à Estação Biológica de Boraceia (EBB), Salesópolis, São Paulo. Os esfingídeos foram atraídos por lâmpadas externas de um alojamento da EBB durante quatro noites consecutivas, das 18h às 6h. Registrou-se em campo o horário de coleta e sexo de cada indivíduo, além de dados climáticos a cada meia hora. As mariposas foram levadas ao Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), onde foram identificadas até nível de espécie e contabilizadas. As análises de diversidade envolveram curva de rarefação, estimador de riqueza, gráficos descritivos de riqueza, abundância, composição e equabilidade (por mês e por horário de coleta), e estatística multivariada. Gráficos de riqueza e abundância por temperatura e umidade relativa foram construídos para analisar o efeito destas variáveis climáticas sobre a amostragem, e a influência de neblina e chuva foi verificada pela aplicação de testes de Mann-Whitney. Testes de qui-quadrado foram utilizados para examinar se a razão sexual diferiu da proporção 1:1, na totalidade, por mês e por horário de coleta. Esfingídeos coletados na EBB desde 1940, que estão disponíveis no MZUSP, também foram identificados e contabilizados para elaboração de um panorama histórico da esfingofauna do local, e para possibilitar comparação entre uma intensa amostragem realizada de 1948 a 1950 na Estação e a amostragem recente. Esta comparação foi feita por meio de curvas de rarefação, gráficos descritivos de riqueza e composição, e estatística multivariada. Todas as espécies já registradas na EBB foram fotografadas para elaboração de um guia ilustrado. No presente estudo foram coletados 2.509 esfingídeos de 64 espécies, das quais três corresponderam a novos registros para a EBB, e contabilizou-se um total de 81 espécies já coletadas no local. Os meses mais quentes e chuvosos apresentaram maiores riquezas, abundâncias e equabilidades; a composição de espécies se manteve mais homogênea durante estes meses e variou muito entre os meses mais secos, padrão observado também nas coletas de 1948 a 1950. Com o avançar da noite ocorreu diminuição na abundância e na riqueza, e a composição de espécies se alterou bastante. Temperaturas mais altas, neblina e chuva foram favoráveis à coleta de esfingídeos. A razão sexual foi, de forma geral, enviesada a favor dos machos. Não se observou diferença significativa de riqueza entre a campanha de coleta antiga e a recente, mas diversas espécies foram registradas em apenas uma das campanhas. Comparações com outros levantamentos de Sphingidae mostraram que a EBB conta com espécies possivelmente raras na Mata Atlântica e com uma das mais altas riquezas registradas para o bioma.

ABSTRACT

Samplings were performed from July 2012 to June 2013, in twelve monthly expeditions to the Boraceia Biological Station (Estação Biológica de Boraceia - EBB), Salesópolis, São Paulo. Hawkmoths were attracted using outdoor light bulbs of one of the EBB's houses, during four consecutive nights, from 6 p.m. to 6 a.m. Each individual's collecting time and sex were registered, as well as climatic data every half hour. Specimens were taken to the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), where they were identified to species and counted. Diversity analyses included rarefaction curve, richness estimator, descriptive graphics of composition, evenness, richness and abundance (by month and time of sampling), and multivariate statistics. Graphics of richness and abundance by temperature and relative humidity were constructed to assess the effect of these climatic variables on sampling, and the influence of fog and rainfall was examined by applying the Mann-Whitney test. Qui-square tests were performed to check whether the sex ratio differed from 1:1, in totality, by month and by time of sampling. Hawkmoths collected in the EBB since 1940 are available at MZUSP. They were identified and counted for elaboration of a historical overview of the local sphingofauna, and to allow comparison between an intense sampling carried out from 1948 to 1950 in the EBB and the recent sampling. This comparison was performed by means of rarefaction curves, descriptive graphics of richness and composition, and multivariate statistics. All species ever recorded in the EBB were photographed for the production of an illustrated guide. In the present study, a total of 2,509 hawkmoths, belonging to 64 species, were collected. Three of these species corresponded to new records for the EBB, and the list of species recorded in the Station reached the amount of 81. The rainiest and hottest months showed the highest richness, abundances and evenness. The species composition maintained relatively homogeneous during these months but it largely varied during the driest months; this pattern was also noticed in the sampling from 1948 to 1950. Abundance and richness decreased throughout the night, and the species composition underwent many changes. Higher temperatures, fog and rainfall were favorable to hawkmoth sampling. Sex ratio was generally skewed toward males. No significant difference in richness was found between the former and the recent sampling, but many species were recorded in only one of them. Comparisons with surveys on other sphingofaunas showed that some possibly rare species occur in the EBB and that this locality holds one of the highest Sphingidae richness in the Brazilian Atlantic Rainforest.

INTRODUÇÃO

1. Lepidoptera

Lepidoptera é a segunda maior ordem da Classe Insecta e do Reino Animalia, perdendo apenas para Coleoptera (GRIMALDI & ENGEL, 2005). Compreende aproximadamente 160.000 espécies descritas de mariposas e borboletas, distribuídas em 45 superfamílias e 134 famílias (VAN NIEUKERKEN *et al.*, 2011). Estima-se, porém, que o número real de espécies no grupo seja por volta de 500.000 (GASTON, 1991; KRISTENSEN *et al.*, 2007).

Os lepidópteros são considerados muito importantes em ecossistemas tropicais pelas suas interações com a vegetação e com a fauna de artrópodes (GILBERT, 1984; DUARTE *et al.*, 2012). A grande maioria das larvas apresenta hábitos fitófagos, tendo como plantas hospedeiras representantes de praticamente todas as ordens de angiospermas (KRISTENSEN & SKALSKI, 1998). Além disso, os adultos atuam como importantes agentes polinizadores, havendo plantas que dependem totalmente de lepidópteros para se reproduzir (como o famoso caso das orquídeas com tubos da corola muito longos que são polinizadas exclusivamente por certas mariposas da família Sphingidae – WASSERTHAL, 1997).

Por estes motivos, além do fato de poderem ser facilmente amostrados para estudos de comunidades, vários autores sugerem os lepidópteros como indicadores para monitoramento da diversidade biológica, integridade de paisagens e uso sustentável de recursos naturais (BROWN, 1991, 1996; KREMEN *et al.*, 1993; SPARROW *et al.*, 1994; BROWN & FREITAS, 2000a).

2. Sphingidae

A família Sphingidae possui aproximadamente 1.400 espécies, das quais cerca de 230 podem ser encontradas no Brasil (MARTIN *et al.*, 2011; VAN NIEUKERKEN *et al.*, 2011). São mariposas de tamanho médio a grande, medindo entre 25 e 200 mm de envergadura alar (KITCHING & CADIOU, 2000) e, em geral, de fácil reconhecimento pelas características das larvas e dos adultos (MADDEN, 1944; EATON, 1988). A maioria das espécies brasileiras tem hábitos crepusculares ou noturnos e é de identificação relativamente simples. Para este fim, podem ser consultados ROTHCHILD & JORDAN (1903), D'ABRERA (1986), MORÉ *et al.* (2005) e MARTIN *et al.* (2011).

As larvas, popularmente conhecidas como mandarovás ou mandruvás, comumente apresentam sete faixas oblíquas nas laterais do abdômen e uma projeção dorsal em forma de esporão no oitavo segmento abdominal, podendo ser facilmente reconhecidas por estas particularidades. Quando incomodadas, exibem um comportamento típico de retraindo a cabeça para dentro do primeiro segmento torácico e levantar a parte anterior do corpo (DUARTE *et al.*, 2012).

Os adultos apresentam corpo robusto, asas anteriores alongadas e estreitas e asas posteriores relativamente curtas, o que resulta em uma superfície alar muito reduzida em comparação a outras mariposas de porte semelhante. Tais características, juntamente com a presença de músculos torácicos muito fortes, lhes conferem um voo extremamente potente e a capacidade de pairar em ponto fixo (TUTTLE, 2007; MARTIN *et al.*, 2011). Outra característica marcante dos esfingídeos é a probóscide longa, que é estendida para sugar o néctar das flores enquanto a mariposa se sustenta pairando em frente a elas. Duas espécies que ocorrem no Brasil, *Neococcytus cluentius* (Cramer, 1775) e *Amphimoea walkeri* (Boisduval, [1875]), possuem as probóscides mais longas do mundo, sendo que a da segunda pode alcançar 280 mm de comprimento (DUARTE *et al.*, 2012). Por outro lado, algumas espécies da tribo Smerinthini, que não ocorre no Brasil, possuem probóscides muito pequenas e atrofiadas. Tais mariposas representam uma exceção em relação ao modo de vida típico dos esfingídeos, já que não se alimentam e provavelmente vivem um tempo bem mais curto como adultos (KITCHING & CADIOU, 2000).

A identificação do sexo de um esfingídeo adulto é simples e pode ser realizada pela verificação de caracteres sexuais secundários relacionados ao mecanismo de acoplamento da asa anterior com a posterior (MARTIN *et al.*, 2011). Nos machos, uma cerda longa e grossa (frênulo) pode ser facilmente localizada na margem costal da asa posterior, conectando-se a um gancho (retináculo) na asa anterior. O mecanismo de acoplamento das fêmeas é essencialmente o mesmo, mas o frênulo corresponde a um conjunto de cerdas muito mais finas, de difícil visualização a olho nu, e o retináculo também é menos evidente.

Os ovos dos esfingídeos variam de 1 a 3 mm de diâmetro e são postos isoladamente ou em pequenos grupos na superfície inferior das folhas. Em geral, a eclosão ocorre por volta de uma semana após a postura (KITCHING & CADIOU, 2000; TUTTLE, 2007). As larvas tendem a ser bastante restritivas em termos de alimentação; geralmente se alimentam das folhas de poucas espécies de plantas, pertencentes a uma mesma família (JANZEN, 1984). Após passar por um número de ínstaes que varia de três a cinco, as larvas descem ao solo para empupar, enrolando-se em folhas da serapilheira ou enterrando-se a uma profundidade de até 15 cm. A fase de pupa dura de duas semanas a vários meses, dependendo da espécie. Períodos mais

longos normalmente estão relacionados à diapausa nos meses de inverno (MARTIN *et al.*, 2011; DUARTE *et al.*, 2012).

Os esfingídeos possuem importante papel na polinização, sobretudo em ambientes tropicais (HABER & FRANKIE, 1989; BAWA, 1990), onde são mais diversos e abundantes (SCHULZE & FIEDLER, 2003). Para compensar o grande gasto de energia devido ao voo muito potente, estes lepidópteros costumam sugar o néctar de várias flores em uma mesma noite (MARTIN *et al.*, 2011). Além disso, são capazes de percorrer grandes distâncias em pouco tempo, podendo transportar pólen entre plantas muito distantes entre si (LINHART & MENDENHALL, 1977; CHASE *et al.*, 1996; DUARTE *et al.*, 2012). Diversas espécies de plantas, pertencentes a famílias como Apocynaceae, Rubiaceae e Fabaceae, entre outras, apresentam flores com especializações associadas à polinização por esfingídeos (esfingofilia), como abertura crepuscular ou noturna, cores brancas ou pálidas, corolas longas e tubulares (hipocrateriformes), liberação noturna de odores adocicados e néctar rico em sacarose (HABER & FRANKIE, 1989; MILLER, 1997; AMORIM, 2008).

KREMEN *et al.* (1993) incentivam a utilização de artrópodes como indicadores biológicos, e BROWN & FREITAS (2000a) afirmam que organismos ideais para tal uso devem ser numerosos, bem conhecidos e facilmente identificados e amostrados. Os esfingídeos possuem características neste sentido, favorecendo sua aplicação como modelos em estudos de diversidade (por exemplo, LEÓN-CORTÉS *et al.*, 1998) e em ações de monitoramento ambiental. Muitas espécies apresentam alta densidade populacional e gerações ininterruptas ao longo do ano (KITCHING & CADIOU, 2000; MARTIN *et al.*, 2011), o que facilita sua amostragem; podem ser coletados por meio de metodologia simples (atração luminosa); a identificação da maioria das espécies é relativamente fácil e pode ser realizada no momento da coleta; as larvas são bastante seletivas em relação às plantas hospedeiras (JANZEN, 1984), tornando as espécies sensíveis a diminuições nas populações destas plantas.

BECK *et al.* (2006) realizaram um estudo na Ilha de Bornéu, no sudeste asiático, buscando verificar a resposta dos esfingídeos a distúrbios em seus habitats e averiguar se poderiam ser utilizados como indicadores biológicos. Os esfingídeos como um todo não apresentaram populações reduzidas em áreas mais degradadas, mas a abundância relativa das subfamílias se modificou. De acordo com os autores, estas alterações devem ter sido determinadas por características específicas de história de vida e biologia dos diferentes subgrupos de esfingídeos, além de particularidades dos locais estudados. SCHULZE & FIEDLER (2003) sugerem que espécies de esfingídeos cujas larvas são aptas a se alimentar de plantas cultivadas pelo homem poderiam se beneficiar em ambientes com maior distúrbio antropogênico.

O monofiletismo de Sphingidae é sustentado por uma série de sinapomorfias (MINET, 1994). Entre elas pode-se citar: veia M_2 originando-se ligeiramente mais próxima de M_3 do que de M_1 na asa anterior; margem externa da asa posterior com angulação na extremidade da veia 1A+2A; sete primeiros segmentos abdominais da larva com faixas oblíquas nas laterais; pupa com superfície exposta da asa posterior não alcançando o quarto segmento abdominal. Caracteres moleculares também corroboram fortemente o monofiletismo da família (KAWAHARA *et al.*, 2009). Apesar de os esfingídeos já terem sido incluídos em uma superfamília própria, Sphingoidea (*sensu* HODGES, 1971), parece mais informativo levar em conta características larvais e considerá-los dentro de Bombycoidea (HOLLOWAY, 1987). Dados moleculares confirmam este posicionamento taxonômico (ZWICK *et al.*, 2011).

Levando-se em conta caracteres morfológicos, os esfingídeos estão atualmente classificados em três subfamílias: Smerinthinae, Macroglossinae e Sphinginae (KITCHING & CADIOU, 2000). De acordo com estes autores, a subfamília Smerinthinae compreende as tribos Smerinthini, Sphingulini e Ambulycini. Apenas esta última possui espécies da fauna brasileira, distribuídas nos gêneros *Adhemarius* Oiticica Filho, 1939, *Orecta* Rothschild & Jordan, 1903, e *Protambulyx* Rothschild & Jordan, 1903. Macroglossinae é apresentada por KITCHING & CADIOU (2000) dividida nas tribos Dilophonotini, Philampelini e Macroglossini, com a ressalva de que o monofiletismo destas é considerado incerto. As três tribos têm registros em nossa fauna: Dilophonotini é a que possui o maior número de gêneros (16), seguida por Macroglossini, com dois gêneros (*Hyles* Hübner, [1819], e *Xylophanes* Hübner, [1819]), e por Philampelini, com um único gênero (*Eumorpha* Hübner, [1807]). A subfamília Sphinginae inclui as tribos Acherontiini e Sphingini. A primeira possui como sua única representante da fauna brasileira e do Novo Mundo a espécie *Agrius cingulata* (Fabricius, 1775). Já Sphingini possui seis gêneros registrados no Brasil. Os dados anteriormente apresentados a respeito dos representantes brasileiros das subfamílias de Sphingidae foram compilados por DUARTE *et al.* (2008).

KAWAHARA *et al.* (2009), em uma análise filogenética baseada em dados moleculares, corroboraram o monofiletismo das subfamílias Sphinginae e Macroglossinae. Smerinthinae, porém, não se apresentou como grupo monofilético, assim como as tribos Smerinthini, Sphingulini, Sphingini, Dilophonotini e Macroglossini.

3. Mata Atlântica

A Mata Atlântica é considerada uma das grandes prioridades para a conservação de biodiversidade no continente americano (MITTERMEIER *et al.*, 1998; MYERS *et al.*, 2000). Este bioma apresenta uma das mais altas taxas de endemismo do planeta e sua cobertura florestal está reduzida a menos de 12% da área original, que cobria aproximadamente 150 milhões de hectares distribuídos ao longo da costa brasileira do Rio Grande do Sul até o Rio Grande do Norte e adentrando para o interior nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia e Piauí (RIBEIRO *et al.*, 2009).

O estado de conservação da Mata Atlântica é agravado pelo seu nível extremo de fragmentação. De acordo com RIBEIRO *et al.* (2009), o bioma encontra-se dividido em mais de 200.000 fragmentos, e 42% da área florestal remanescente está distribuída em pequenos fragmentos com menos de 250 hectares. O maior fragmento encontra-se na Serra do Mar, ao longo da costa do estado de São Paulo e sul do Rio de Janeiro, sendo este o único com área superior a um milhão de hectares (RIBEIRO *et al.*, 2009).

A importância da Mata Atlântica para a biodiversidade brasileira pode ser traduzida em elevados valores de riqueza de espécies e de endemismo. Por exemplo, uma compilação feita por MYERS *et al.* (2000) apontou uma riqueza para o bioma de 1.361 espécies de mamíferos, aves, répteis e anfíbios, das quais 567 (42%) são endêmicas. Estudos mais recentes listaram para a Mata Atlântica quase 16.000 espécies de plantas, sendo 7.000 (45%) endêmicas (STEHMANN *et al.*, 2009), e 298 espécies de mamíferos, sendo 90 (30%) endêmicas (PAGLIA *et al.*, 2012). Estas elevadas taxas de endemismo se devem principalmente à alta heterogeneidade de condições ambientais do bioma, causada pelos extensos gradientes latitudinal, longitudinal e altitudinal e pelo mosaico de formações vegetais que o compõe (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2003; SILVA & CASTELETI, 2003).

A enorme diversidade de insetos no Brasil, em grande parte ainda desconhecida (RAFAEL *et al.*, 2009), dificulta que sejam feitas estimativas da riqueza deste grupo na Mata Atlântica. BROWN (1997), porém, forneceu um número estimado de espécies para o bioma de algumas famílias de insetos. Por exemplo, Formicidae (Hymenoptera), Elateridae e Cerambycidae (Coleoptera) foram estimadas em 800, 1.000 e 10.000 espécies, respectivamente, o que dá certa noção da magnitude da diversidade de insetos existente na Mata Atlântica.

A realização de inventários biológicos padronizados é considerada um passo básico e inicial em protocolos para ações de conservação (MARGULES & PRESSEY, 2000; GROVES *et al.*, 2002). RIBEIRO *et al.* (2009) ressaltam o fato de que, apesar da grande quantidade de dados biológicos coletados na Mata Atlântica nas últimas décadas (SILVA & CASTELETI,

2003), planos de conservação e manejo do bioma ainda são muito dificultados pela falta de inventários padronizados.

4. Estação Biológica de Boraceia (EBB)

A Estação Biológica de Boraceia (EBB) (23°39'S, 45°53'O; 850 m de altitude) (Fig. 1) tem 96 hectares e está localizada no município de Salesópolis, Estado de São Paulo. Situa-se no interior da Adutora do Rio Claro, uma reserva protetora de mananciais da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) que tem 16.450 hectares de mata primária (MZUSP, 2012) e é parte do Parque Estadual da Serra do Mar (CUSTODIO FILHO, 1989; CAVARZERE *et al.*, 2010). Inaugurada em 1940 como Estação Experimental de Quina, a EBB recebeu o nome atual em 1954, quando foi transferida para o Departamento de Zoologia da Secretaria da Agricultura (TRAVASSOS FILHO & CAMARGO, 1958).

HEYER *et al.* (1990) afirmam que o conjunto de características de vegetação, topografia, vento, alta umidade e ocorrência frequente de neblina contribuem para que a floresta da EBB, apesar de sua altitude relativamente baixa, possa ser classificada como mata nuvígena (designação para ambiente com ocorrência recorrente de neblina em uma floresta ombrófila densa alto-montana – IBGE, 2012). Os mesmos autores destacam algumas características marcantes da fitofisionomia do local, tais como dossel contínuo e baixo, um estrato arbóreo e um arbustivo não claramente distintos, troncos normalmente muito curvados e ramificados e grande abundância de musgos, líquens e epífitas.

Com localização privilegiada, no interior do maior fragmento remanescente de Mata Atlântica (RIBEIRO *et al.*, 2009) e próxima ao topo da Serra do Mar (dista aproximadamente 2 km da escarpa da Serra e apenas 12 km da costa do Atlântico – Fig. 1), a Estação é muito atraente do ponto de vista biológico (MZUSP, 2012). De fato, o local já foi estudado em relação à sua diversidade de plantas (CUSTODIO FILHO, 1989), anuros (HEYER *et al.*, 1990), aves (CAVARZERE *et al.*, 2010) e alguns grupos de insetos (FROEHLICH, 2004; FERRO & DINIZ, 2007; DUARTE *et al.*, 2008; VIVIANI & SANTOS, 2012).

Durante as últimas décadas, porém, uma urbanização acentuada ocorreu nos arredores da Estação, o que pode ter exercido influência sobre seu estado de conservação. Dois municípios pequenos, Biritiba-Mirim e Salesópolis, situam-se próximos à reserva Adutora do Rio Claro, e um pouco mais distante está Mogi das Cruzes, que é consideravelmente maior. CARMO (2001) e dados do IBGE (2007) mostram que estes três municípios sofreram grande crescimento populacional entre 1970 e 2007: Biritiba-Mirim passou de 9.033 habitantes em

1970 para 27.483 em 2007 (crescimento de 204%), Salesópolis passou de 9.557 para 15.157 (crescimento de 59%) e Mogi das Cruzes passou de 138.751 para 362.991 (crescimento de 162%).

A EBB apresenta uma estrutura altamente favorável para a coleta de insetos por meio de atração por luz artificial. Um dos alojamentos para pesquisadores, conhecido como Castelinho (“casa dos Biologistas” *sensu* TRAVASSOS FILHO & CAMARGO, 1958), localiza-se em local elevado e possui lâmpadas externas em três de suas quatro paredes (Figs. 2-4). Estas lâmpadas produzem uma luminosidade intensa que pode ser vista a longas distâncias, sendo muito eficazes na atração de insetos noturnos (Fig. 5). TRAVASSOS FILHO & CAMARGO (1958) chamam atenção para a eficiência deste método de coleta: “A casa dos Biologistas, situada em ponto elevado a cavaleiro das matas, é o local ideal para a coleta de insetos noturnos. De fato, (...) as lâmpadas (...) instaladas nessa residência, com a luminosidade reforçada pelas paredes brancas, atraem, máxime nas noites chuvosas, enorme quantidade de lepidópteros”.

A grande extensão do fragmento dentro do qual se situa a EBB e o fato de estar ela localizada em uma reserva majoritariamente de mata primária, duas características raras na Mata Atlântica atualmente (RIBEIRO *et al.*, 2009), tornam a Estação um local de grande importância para a amostragem da biodiversidade deste bioma. Dessa forma, é evidente a importância da realização de inventários biológicos padronizados e de estudos de composição e estrutura de comunidades no local, como é o caso do presente estudo.

Figura 1. Localização da Estação Biológica de Boraceia (EBB). *Acima:* mapa da região sudeste do Estado de São Paulo. A maior mancha cinza escuro corresponde à Região Metropolitana de São Paulo. A localização da área ampliada está indicada em vermelho no mapa do Brasil. *Abaixo:* Imagem de satélite, adaptada do Google Earth, mostrando em maior detalhe a localização da EBB, em uma região de Mata Atlântica preservada na Serra do Mar do Estado de São Paulo. As letras em amarelo indicam a localização das cidades de Mogi das Cruzes (A), Biritiba-Mirim (B) e Salesópolis (C).

Figura 2. Castelinho, alojamento da Estação Biológica de Boraceia com estrutura para atração de insetos noturnos por meio de armadilha luminosa.

Figura 3. Castelinho com as luzes externas acesas, no início de uma noite de coleta em julho de 2012.

Figura 4. Vista a partir do Castelinho, logo após o amanhecer. A localização elevada contribui para o alto desempenho da armadilha luminosa.

Figura 5. Parede do Castelinho com grande abundância de mariposas em uma noite de coleta em abril de 2013.

5. Levantamentos de esfingofauna na Mata Atlântica e motivação do presente estudo

LONGINO & COLWELL (1997) ressaltam a importância da realização de inventários biológicos para fins de conservação, pois permitem descrições e caracterizações de comunidades em termos de riqueza de espécies, abundância e complementaridade com outras comunidades. A obtenção de informações como estas é importante, por exemplo, para o estabelecimento de prioridades para ações de monitoramento e conservação.

A família Sphingidae, que costuma se destacar em meio à fauna de lepidópteros e comumente está entre as famílias de mariposas mais bem estudadas de um determinado local (KITCHING & CADIOU, 2000), já foi alvo de um número considerável de levantamentos em áreas de Mata Atlântica preservada ou originalmente cobertas pelo bioma.

O Paraná é provavelmente o estado brasileiro mais bem estudado em relação à sua esfingofauna, tendo sido realizados nele os levantamentos de LAROCA & MIELKE (1975), em Morretes, LAROCA *et al.* (1989), em Quatro Barras, e MARINONI *et al.* (1999), envolvendo coletas em oito localidades diferentes. O Rio Grande do Sul e Santa Catarina contam, respectivamente, com os trabalhos de SPECHT *et al.* (2008) e SIEWERT & SILVA (2010), que realizaram contribuições gerais ao conhecimento da diversidade de Sphingidae nestes estados, sem o objetivo de caracterizar a esfingofauna de uma localidade mais específica.

A Mata Atlântica nordestina conta com quatro levantamentos de esfingofauna, tendo três deles sido realizados no Pernambuco: DUARTE & SCHLINDWEIN (2005, 2008), respectivamente na Reserva Biológica de Gurjaú e na Reserva Particular do Patrimônio Natural Frei Caneca, e PRIMO *et al.* (2013), na Estação Ecológica de Tapacurá. O quarto estudo foi realizado em Alagoas, na Mata de Coimbra (CRUZ-NETO *et al.*, 2011).

Na região Sudeste, FERREIRA *et al.* (1986) descreveram a esfingofauna de Viçosa, Minas Gerais, e BROWN & FREITAS (2000b) realizaram um levantamento na região de Santa Teresa, Espírito Santo. O Rio de Janeiro conta com o trabalho de ZIKÁN & ZIKÁN (1968), que listaram as espécies de esfingídeos registradas em Itatiaia, e com o Guia dos Sphingidae da Serra dos Órgãos (MARTIN *et al.*, 2011). Para o estado de São Paulo, COELHO *et al.* (1979) realizaram um levantamento no campus da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, em Piracicaba, e DUARTE *et al.* (2008) compilaram uma lista com 75 espécies de esfingídeos registradas para a Estação Biológica de Boraceia (Salesópolis), entre os anos de 1940 e 2004.

A disponibilidade de grande parte dos dados publicados por DUARTE *et al.* (2008) se deve ao trabalho dos entomólogos Romualdo Ferreira D'Almeida e Lauro Travassos Filho, que durante as décadas de 1940 e 1950 efetuaram muitas expedições à EBB e realizaram um enorme esforço de coleta utilizando a armadilha luminosa do Castelinho (alojamento da Estação). Merece destaque uma longa sequência de expedições organizada pela dupla, que

envolveu coletas em todos os meses de janeiro de 1948 a março de 1950 (TRAVASSOS FILHO & CAMARGO, 1958). O material amostrado dessa forma representa uma coleção muito importante da esfingofauna daquela época e faz parte do acervo do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.

A disponibilidade deste material, e também a intensa urbanização ocorrida nos arredores da Estação Biológica de Boraceia durante a segunda metade do século passado (CARMO, 2001; IBGE, 2007), motivaram a realização deste trabalho. Trata-se de um estudo aprofundado da composição e estrutura de uma comunidade de Sphingidae em área de Mata Atlântica preservada do Estado de São Paulo, envolvendo esforço de coleta padronizado e buscando, na medida do possível, verificar eventuais mudanças na comunidade com base em comparações com os dados das décadas de 1940 e 1950.

OBJETIVOS

Em relação à comunidade de esfingídeos atraídos por luz da Estação Biológica de Boraceia, este trabalho teve como objetivos:

- Descrever e analisar aspectos como riqueza, abundância, equabilidade, composição de espécies e razão sexual, tratando tanto da totalidade dos dados quanto da variação ao longo dos meses e por horário de coleta.
- Verificar a influência das condições climáticas durante as noites de coleta sobre a amostragem dos esfingídeos.
- Fornecer um panorama histórico das coletas de Sphingidae na EBB e atualizar a lista de espécies com registro para o local.
- Realizar comparações, em termos de riqueza e composição de espécies, entre os dados obtidos no presente estudo e os provenientes das coletas realizadas no local entre 1948 e 1950 e de outras localidades de Mata Atlântica.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Área de estudo

Os esfingídeos foram coletados na Estação Biológica de Boraceia (EBB) (23°39'S, 45°53'O; 850 m de altitude), no município de Salesópolis, São Paulo. Mais informações sobre a Estação estão disponíveis na seção 4 da Introdução.

2. Amostragem e identificação dos esfingídeos

Durante doze meses consecutivos (julho de 2012 a junho de 2013) foram realizadas expedições mensais à Estação Biológica de Boraceia, sempre durante os períodos de lua nova para reduzir a interferência da luz lunar na atratividade dos lepidópteros pela luz artificial (YELA & HOLYOAK, 1997). Em cada expedição, os esfingídeos foram amostrados durante quatro noites consecutivas, exceto quando isto foi impedido por problemas no fornecimento de energia elétrica.

Devido à queda de galhos na fiação que atravessa a reserva Adutora do Rio Claro (Sabesp), nos meses mais chuvosos foram recorrentes as interrupções no fornecimento de energia elétrica à Estação. Nestas ocasiões, a energia só foi restabelecida no dia seguinte, após mobilização da equipe de manutenção da Sabesp. A EBB conta com um gerador que pode ser usado em caso de falta de energia elétrica, mas ocorreram algumas situações durante as coletas em que o mesmo apresentou falha e não foi possível utilizá-lo. Este conjunto de adversidades prejudicou a amostragem de um dos meses de coleta, dezembro de 2012, fazendo com que uma das quatro noites desta expedição fosse passada sem luz e, consequentemente, sem possibilidade de atrair os lepidópteros.

As mariposas foram atraídas utilizando-se oito lâmpadas mistas (com filamentos de tungstênio além de vapor de mercúrio) de 250 W instaladas nas laterais e na frente do alojamento da EBB. As lâmpadas foram ligadas às 18h e desligadas às 6h, salvo nas coletas realizadas durante o horário de verão (novembro de 2012 a fevereiro de 2013), quando o início e o término da amostragem foram atrasados em uma hora (19h às 7h). O esforço amostral totalizou 47 noites ou 564 horas de coleta.

Os esfingídeos foram coletados utilizando-se puçás, quando em voo ao redor da casa, ou manualmente, quando pousados nas paredes ou vegetação próxima. Após a captura, foram sacrificados com injeção de amoníaco (NH_3 a 10% em solução aquosa) no tórax (DUARTE *et al.*, 2008), acondicionados individualmente em envelopes de papel e conservados em refrigerador durante o restante da estadia em campo. Imediatamente após a coleta, registrou-se o sexo e, sempre que possível, a espécie de cada indivíduo.

Cada noite de amostragem foi dividida em 24 intervalos de meia hora (I1: 18:00h – 18:30h, I2: 18:30h – 19:00h, e assim por diante até o I24: 05:30h – 06:00h) e os indivíduos coletados foram separados de acordo com estes intervalos, para possibilitar as análises de diversidade por horário de coleta. Um termo-higrômetro digital, mantido externo à casa em local protegido de vento e chuva, foi utilizado para registrar a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar, que foram anotadas ao início e ao final de cada intervalo de meia hora. A partir destes dados calculou-se a temperatura e umidade média de cada intervalo. Também se registrou a ocorrência de chuva ou neblina.

Todos os esfingídeos coletados foram levados ao Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) para futura inclusão na coleção. Após sua montagem e etiquetagem, os indivíduos que haviam causado dúvida em campo foram identificados até o nível de espécie por meio de comparações com exemplares disponíveis no acervo do MZUSP e estudo da literatura (D'ABRERA, 1986; MORÉ *et al.*, 2005; MARTIN *et al.*, 2011).

Encontra-se depositada no MZUSP uma grande quantidade de esfingídeos não tombados provenientes de coletas antigas na EBB. Para possibilitar as comparações com os dados obtidos no local entre 1948 e 1950 e a elaboração do panorama histórico mais completo possível, tais espécimes também foram identificados até o nível de espécie e contabilizados.

3. Análise de dados

3.1. Análise dos dados obtidos nas coletas do presente estudo

O *software* EstimateS, versão 9.1, (COLWELL, 2013) foi utilizado para construir uma curva de amostragem de espécies pelo método de rarefação (100 aleatorizações, sem reposição) (GOTELLI & COLWELL, 2001), contabilizando a riqueza por evento amostral (cada expedição mensal à EBB equivale a uma amostra). A coleta de dezembro não foi incluída devido ao seu esforço amostral defasado, de modo que a curva foi feita com 11 unidades

amostrais. Este *software* também foi utilizado para aplicar o estimador de riqueza Jackknife (COLWELL & CODDINGTON, 1994; CHAO, 2005), que se baseia no número de espécies registradas em apenas uma unidade amostral (consideradas “raras”) para fornecer um valor de riqueza esperada, possibilitando que se verificasse se a riqueza de espécies de Sphingidae da EBB foi satisfatoriamente amostrada. Uma vez que o valor fornecido pelo Jackknife foi superior ao número de espécies obtido, a função do EstimateS de extrapolação da curva de rarefação foi utilizada para estimar quantos eventos amostrais adicionais seriam necessários para que a riqueza se igualasse ao resultado do Jackknife.

A exploração inicial das variações de riqueza e abundância ao longo do ano foi feita por meio da elaboração de gráficos mostrando, por mês de coleta, os valores de Sphingidae no total e por subfamília. Diagramas de Whittaker (MAGURRAN, 2004; MELO, 2008), que funcionam simultaneamente como descritores de riqueza (comprimento da curva) e de equabilidade (inclinação da curva), foram construídos para cada mês de coleta e para os esfingídeos na totalidade. Utilizou-se abundância relativa (expressa em porcentagem) na construção destes diagramas, de forma a permitir comparações entre os meses, e pelo mesmo motivo também se padronizou o comprimento dos eixos. Ao invés de uma simples contagem, porém, os próprios nomes das espécies foram exibidos no eixo *x* dos diagramas de Whittaker mensais, de forma a permitir também a visualização da composição de espécies de cada mês. Para facilitar a visualização de uma possível relação entre riqueza de espécies e equabilidade, realizou-se uma regressão linear na qual cada ponto representou um mês de coleta, utilizando-se como variáveis a riqueza mensal e a somatória das abundâncias relativas das duas espécies mais abundantes de cada mês.

Os dados de precipitação acumulada mensal dos meses de amostragem foram obtidos diretamente com o setor responsável por estas medições na Estação Casa Grande (Sabesp) (Danilo Mancio, comunicação pessoal), localizada na reserva Adutora do Rio Claro. Estes dados provêm da Barragem do Ribeirão do Campo (23°38'S, 45°50'O), que dista pouco menos de 6 km da EBB (distância medida em linha reta no Google Earth), sendo este o posto mais próximo do local de coleta a realizar medições de precipitação atualmente. Neste local, porém, são tomados apenas dados de precipitação, de forma que para a temperatura utilizou-se a média das quatro noites de coleta de cada mês, calculada a partir das medições em campo. Estes dados de precipitação e temperatura foram analisados conjuntamente em um gráfico, para verificar se seria possível estabelecer uma separação nítida entre estações do ano. Uma vez tendo sido delimitadas duas estações, as análises multivariadas (descritas no parágrafo a seguir) foram realizadas utilizando-se letras maiúsculas para identificar os meses da estação quente/chuvosa e letras minúsculas para os da estação fria/seca.

Em uma das análises multivariadas, o escalonamento multidimensional não-métrico (*nonmetric multidimensional scaling*: NMDS) (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998), utilizou-se o coeficiente de Sørensen para aproximar os meses de acordo com semelhanças na composição de espécies. Este coeficiente leva em conta apenas informações de presença e ausência das espécies (ignorando abundância) e dá maior peso a espécies presentes em comum entre duas unidades amostrais do que a espécies ausentes em comum. A outra análise multivariada aplicada foi a de correspondência (*correspondence analysis*: CA) (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998), que considera tanto dados de presença e ausência quanto de abundância para aproximar, por semelhança, os pontos correspondentes às unidades amostrais. Utilizou-se o *software* PAST, versão 2.14, (HAMMER *et al.*, 2001) para a aplicação destas análises.

As análises de variação na riqueza, abundância, estrutura e composição da comunidade ao longo da noite foram feitas por meio de métodos já descritos anteriormente – a construção de gráficos de riqueza e abundância dos Sphingidae na totalidade e por subfamília e a aplicação de análise de correspondência. Para estas análises, porém, serviram como unidades amostrais os intervalos de meia hora de duração nos quais as noites de coleta foram subdivididas. Para isso, foram somados os dados obtidos no Intervalo 1 (I1: 18:00h – 18:30h) de todas as noites de coleta, no Intervalo 2 (I2: 18:30h – 19:00h) de todas as noites de coleta, e assim por diante, obtendo-se um total de 24 unidades amostrais que possibilitaram a descrição e análise da comunidade de Sphingidae por horário de coleta. Também foram elaborados gráficos de abundância ao longo da noite por espécie e por gênero, cuja visualização auxiliou no entendimento do diagrama resultante da análise de correspondência. Os horários exatos de nascer e pôr do sol em cada expedição à EBB, que auxiliaram na compreensão de alguns padrões observados na amostragem ao longo da noite, foram obtidos em um calculador disponível *on-line* (GATS, 2012). Por motivos práticos, o horário de verão foi desconsiderado em todas as análises realizadas e em todos os resultados e discussões apresentados nesta dissertação (por exemplo, o Intervalo 1, que durante o horário de verão correspondeu a 19:00h – 19:30h, foi sempre tratado como 18:00h – 18:30h).

Para analisar a influência da umidade relativa do ar e da temperatura ambiente sobre o resultado da coleta, inicialmente foram eliminados todos os intervalos de coleta que se passaram inteiramente sob a luz do sol, tanto no início quanto no final das noites. Esta separação foi feita porque em tais intervalos (que totalizaram 60), devido à presença de luz solar, *a priori* não houve a possibilidade de atração de esfingídeos. Após esta eliminação, os 1.068 intervalos de coleta restantes foram agrupados em faixas de acordo com seus valores médios de umidade e de temperatura. No primeiro caso os intervalos foram agrupados em faixas a cada 1% de umidade relativa (agrupou-se todos os intervalos com umidade média de

79 a 79,9%, de 80 a 80,9%, e assim por diante) e no caso da temperatura foram agrupados em faixas a cada 1°C (de 6 a 6,9°C, de 7 a 7,9°C, etc.). A partir destes agrupamentos, elaboraram-se gráficos com as médias de abundância e de riqueza por faixa de umidade/temperatura (mostrando também os valores entre o 1º e o 3º quartis, de forma a evidenciar a tendência central dos dados e dar uma ideia de sua variabilidade) e *boxplots* de abundância e de riqueza, que mostram a mediana e todos os quartis por faixa de umidade/temperatura.

O teste de Mann-Whitney (também aplicado com o *software* PAST – HAMMER *et al.*, 2001) foi utilizado para testar se houve relação entre abundâncias e riquezas mais altas e a ocorrência de chuva ou neblina. Para isso, os intervalos de coleta foram separados em três categorias: com ocorrência de neblina, com ocorrência de chuva e com ausência de ambos os fenômenos meteorológicos. Após a separação, aplicou-se o teste contrastando os intervalos com ocorrência de neblina contra todos os demais, os intervalos com ocorrência de chuva contra todos os demais, e os intervalos de neblina contra os intervalos de chuva. Por fim, um maior aprofundamento neste assunto foi possibilitado pela construção de *boxplots* de abundância e de riqueza para cada categoria climática e de gráficos de barras mostrando a proporção de intervalos de coleta com cada condição meteorológica (ocorrência de chuva, ocorrência de neblina, ausência de ambas) em cada classe de abundância e de riqueza (por exemplo, abundância = 0, abundância = 1, e assim por diante).

A razão sexual (machos/fêmeas) foi calculada para os esfingídeos como um todo, para cada subfamília e para cada espécie separadamente. Em todos os casos também se aplicou o teste de qui-quadrado para verificar se a proporção observada entre os sexos foi significativamente diferente da razão 1:1. Estas mesmas análises também foram realizadas separando-se os esfingídeos por mês e por intervalo de coleta, de forma a permitir a visualização de possíveis flutuações na razão sexual ao longo do ano e ao longo da noite. No caso da análise por intervalo de coleta, dois gráficos foram elaborados para facilitar o estudo dos padrões observados: um mostrando simplesmente os valores de razão sexual por horário de coleta e o outro exibindo as flutuações ao longo da noite na abundância absoluta de machos e de fêmeas separadamente.

3.2. Comparações com os dados provenientes de coletas antigas na EBB

O material obtido na campanha organizada por R. F. D’Almeida e L. Travassos Filho, com amostragens na EBB em todos os meses de janeiro de 1948 a março de 1950 (TRAVASSOS FILHO & CAMARGO, 1958), foi utilizado para comparações com os dados resultantes da campanha de coleta do presente estudo. Estes dados históricos foram escolhidos

para este propósito pelo fato de representarem, assim como as amostragens realizadas no presente estudo, um ciclo com coletas em todos os meses do ano. Por motivos práticos, o conjunto das coletas realizadas de 1948 a 1950 será tratado como “campanha 1948-1950” e o conjunto das coletas do presente trabalho será tratado como “campanha 2012-2013”.

As duas campanhas foram comparadas entre si por meio da construção de diagramas de Whittaker e de curvas de amostragem de espécies por rarefação (EstimateS, versão 9.1 – COLWELL, 2013). Nestas curvas a contagem das espécies foi feita por indivíduo coletado, e não por amostra, de forma a permitir a comparação entre duas campanhas com diferenças na metodologia de coleta (na campanha 1948-1950 houve variação no número de noites de amostragem por mês e, provavelmente, no número de horas por noite – TRAVASSOS FILHO & CAMARGO, 1958). Também foram realizadas comparações entre as campanhas em termos de abundância relativa e riqueza das subfamílias e dos gêneros coletados.

Para as comparações a respeito de variações na riqueza de espécies ao longo dos meses, os dados da campanha 1948-1950, que envolveu coletas durante dois anos e três meses, foram agrupados por mês independentemente do ano (por exemplo, a riqueza de janeiro equivale ao valor total juntando-se os dados de janeiro de 1948, de 1949 e de 1950). Os valores de precipitação acumulada mensal na EBB para os meses da campanha antiga foram obtidos no banco de dados *on-line* do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2011 - Município: Salesópolis; Nome do posto: Boraceia; Coordenadas: 23°39’S, 45°54’O); estas medições foram feitas entre 1940 e 1969 em um posto meteorológico situado a aproximadamente 1,5 km da Estação (distância medida no Google Earth). Para verificar possíveis relações entre os resultados de riqueza mensal da campanha 1948-1950 e o volume de chuva, foram utilizados tanto os dados de precipitação acumulada mensal média considerando-se apenas os meses entre janeiro de 1948 e março de 1950 (período em que foram realizadas as coletas), quanto os valores mensais médios de todo o período disponível no banco de dados do DAEE (1940 a 1969); estes últimos possibilitaram uma visualização do padrão mais esperado de flutuação na precipitação ao longo do ano. Os dados de volume de chuva da campanha 2012-2013, como já explicado na seção anterior, são provenientes de outro posto meteorológico, localizado na Barragem do Ribeirão do Campo.

Por fim, no escalonamento multidimensional não-métrico (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998) (PAST, versão 2.14 – HAMMER *et al.*, 2001) realizado para comparar as composições de espécies mensais das duas campanhas foi utilizada a mesma separação de estações do ano mencionada na seção anterior, e novamente foram empregadas letras maiúsculas e minúsculas para identificar meses da estação quente/chuvosa e da estação fria/seca, respectivamente. Para evidenciar as diferenças de composição entre as duas estações, utilizou-se a função “convex

hulls” do PAST para acrescentar dois polígonos convexos (cada um unindo todos os pontos relativos a uma das estações) no diagrama resultante da análise. Neste escalonamento, os pontos da campanha 1948-1950 também representaram a somatória da composição de espécies dos meses correspondentes de anos diferentes (por exemplo, o ponto de janeiro da campanha antiga correspondeu à composição total de janeiro de 1948, 1949 e 1950).

3.3. Comparações com os dados provenientes de outros levantamentos de esfingofauna na Mata Atlântica

Os dados obtidos a partir da amostragem total realizada na EBB (de 1940 a 2013) foram comparados, em termos de riqueza e composição de espécies, com os resultados de 12 trabalhos que envolveram levantamentos de esfingofauna em outras localidades da Mata Atlântica. Segue a relação dos trabalhos, com as respectivas localidades de coleta:

- ZIKÁN & ZIKÁN (1968): Itatiaia (RJ)
- LAROCA & MIELKE (1975): Marumbi (PR)
- COELHO *et al.* (1979): Piracicaba (SP)
- FERREIRA *et al.* (1986): Viçosa (MG)
- LAROCA *et al.* (1989): Banhado (PR)
- MARINONI *et al.* (1999): Antonina, São José dos Pinhais, Colombo, Ponta Grossa, Telêmaco Borba, Jundiá do Sul, Guarapuava, Fênix (PR)
- BROWN & FREITAS (2000b): Santa Teresa (ES)
- DUARTE & SCHLINDWEIN (2005): Reserva Biológica de Gurjaú (PE)
- DUARTE & SCHLINDWEIN (2008): Reserva Particular do Patrimônio Natural Frei Caneca (PE)
- CRUZ-NETO *et al.* (2011): Mata de Coimbra (AL)
- MARTIN *et al.* (2011): Serra dos Órgãos (RJ)
- PRIMO *et al.* (2013): Estação Ecológica de Tapacurá (PE)

A comparação, portanto, foi feita com as esfingofaunas de 19 localidades diferentes. Para facilitar as comparações e discussões dos resultados, foram tabeladas as seguintes informações de cada localidade de coleta: coordenadas geográficas, altitude, riqueza total obtida, número e porcentagem (em relação à riqueza total) de espécies sem registro para a EBB. Também se construiu uma tabela com informações das localidades de Mata Atlântica que contam com registro de cada espécie de esfingídeo já coletada na EBB.

Nos casos em que os autores não disponibilizaram coordenadas geográficas e/ou altitude do local de coleta, as informações aproximadas foram obtidas no Google Earth. Informações geográficas sobre as localidades de coleta dos levantamentos de ZIKÁN & ZIKÁN (1968) e MARINONI *et al.* (1999) foram consultadas, respectivamente, em ZIKÁN & ZIKÁN (1940) e MARINONI & DUTRA (1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seção de Resultados e Discussão encontra-se dividida em duas partes principais. A primeira aborda todos os aspectos que dizem respeito exclusivamente aos dados coletados nas expedições deste estudo, e a segunda envolve os dados de coletas antigas na Estação Biológica de Boraceia e comparações com resultados de outros levantamentos. Cada uma das duas partes principais está dividida em subseções, de acordo com o assunto, e as figuras e tabelas referentes a cada subseção encontram-se no final da mesma.

Um importante material produzido a partir das coletas realizadas neste estudo foi o Guia Ilustrado dos Esfingídeos da Estação Biológica de Boraceia, que, além de conter imagens de todas as espécies, traz algumas informações sobre abundância e biologia dos esfingídeos da EBB. Este Guia, porém, por não estar contemplado nos objetivos do projeto e se tratar de um material produzido além da proposta básica, foi aqui incluído como Apêndice.

O Guia conta com uma lista de todas as espécies de Sphingidae já coletadas na EBB. Por motivos práticos, a autoria destas espécies não foi mencionada ao longo de Resultados e Discussão e pode ser consultada na lista de espécies no Apêndice.

1. Comunidade de Sphingidae da EBB durante a campanha 2012-2013

1.1. Panorama geral

Nas doze expedições à Estação Biológica de Boraceia realizadas entre julho de 2012 e junho de 2013, coletou-se um total de 2.509 esfingídeos (média de 53,4 por noite ou 4,4 por hora), correspondendo a 2.214 machos e 295 fêmeas, distribuídos em três subfamílias, seis tribos, 22 gêneros e 64 espécies (Tab. 1).

A subfamília Macroglossinae foi a mais abundante e também a de maior riqueza de espécies, com 1.618 indivíduos (64,5% do total coletado) e 43 espécies. Sphinginae veio em seguida, com 504 indivíduos (20,1%) e 14 espécies, e por último Smerinthinae, com 387 indivíduos (15,4%) e 7 espécies. Entre as tribos, Macroglossini foi a mais abundante, com 723 indivíduos (28,8%), seguida por Dilophonotini (688 ou 27,4%), Sphingini (421 ou 16,8%), Ambulycini (387 ou 15,4%), Philampelini (207 ou 8,3%) e Acherontiini (83 ou 3,3%). Dilophonotini, apesar de não ter representado a maior abundância, foi a tribo mais rica em espécies (24), seguida por Macroglossini (14), Sphingini (13), Ambulycini (7), Philampelini (5) e Acherontiini, com apenas *Agrius cingulata*, a única representante desta tribo na América.

Dos 22 gêneros amostrados, quatro em conjunto foram responsáveis por 73% dos indivíduos coletados. Destes quatro, *Xylophanes* foi muito mais abundante, com 722 indivíduos (28,8% do total de esfingídeos). Os outros três ficaram bastante próximos entre si: *Erinnyis*, com 379 indivíduos (15,1%); *Adhemarius*, com 371 (14,8%), e *Manduca*, com 360 (14,3%). *Xylophanes* também foi o gênero mais rico em espécies (13), seguido por *Manduca* (7).

Adhemarius eurysthenes e *Xylophanes thyelia thyelia* foram as duas únicas espécies amostradas em todos os 12 meses de coleta. Foram também as duas espécies mais abundantes na EBB, tendo sido coletados 306 indivíduos da primeira (12,2% dos esfingídeos) e 220 da segunda (8,8%). Outras três espécies, *Adhemarius gannascus*, *Perigonia stulta* e *Xylophanes aglaor*, foram registradas em 11 dos 12 meses. No extremo oposto, 13 espécies foram representadas por apenas um indivíduo coletado: *Amphimoea walkeri*, *Enyo gorgon*, *Erinnyis obscura obscura*, *Eumorpha labruscae labruscae*, *Hemeroplanes longistriga*, *Hyles euphorbium*, *Isognathus australis*, *Madoryx plutonius plutonius*, *Manduca incisa*, *Manduca lefeburii*, *Perigonia lusca lusca*, *Xylophanes indistincta* e *Xylophanes loelia*.

Tabela 1. Abundância por mês das espécies de esfingídeos coletadas na Estação Biológica de Boraceia de julho de 2012 a junho de 2013.

	Jul 2012	Ago 2012	Set 2012	Out 2012	Nov 2012	Dez 2012	Jan 2013	Fev 2013	Mar 2013	Abr 2013	Mai 2013	Jun 2013	Total por espécie
Macroglossinae: Dilophonotini													
<i>Callionima inuus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3
<i>Callionima nomius</i>	2	2	-	12	9	2	18	2	8	10	1	-	66
<i>Callionima parce</i>	-	-	2	1	4	2	6	-	5	1	-	-	21
<i>Enyo gorgon</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Enyo lugubris lugubris</i>	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	3
<i>Enyo ocypete</i>	1	-	1	1	-	-	2	1	2	-	-	-	8
<i>Erinnyis alope alope</i>	-	2	41	9	16	-	4	3	3	11	8	-	97
<i>Erinnyis crameri</i>	-	-	-	-	1	1	1	-	-	1	-	-	4
<i>Erinnyis ello ello</i>	-	-	11	23	57	5	11	3	4	10	-	-	124
<i>Erinnyis lassauxii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	-	4
<i>Erinnyis obscura obscura</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Erinnyis oenotrus</i>	-	-	20	6	50	5	58	4	3	3	-	-	149
<i>Hemeroplanes longistriga</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Hemeroplanes triptolemus</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	3
<i>Isognathus australis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Madoryx plutonius plutonius</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Nyceryx continua continua</i>	-	2	9	2	3	-	-	-	-	-	1	-	17
<i>Nyceryx nictitans nictitans</i>	2	6	1	6	8	-	1	2	1	-	3	-	30
<i>Pachylia ficus</i>	-	-	2	2	2	2	1	-	2	-	-	-	11
<i>Pachylioides resumens</i>	-	-	2	-	2	2	7	1	1	1	-	-	16

Tabela 1. Continuação.

	Jul 2012	Ago 2012	Set 2012	Out 2012	Nov 2012	Dez 2012	Jan 2013	Fev 2013	Mar 2013	Abr 2013	Mai 2013	Jun 2013	Total por espécie
<i>Perigonia lusca lusca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Perigonia passerina</i>	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	3
<i>Perigonia stulta</i>	3	6	10	10	18	4	9	-	3	13	4	5	85
<i>Pseudosphinx tetrio</i>	1	-	6	6	2	-	5	-	2	15	1	-	38
Macroglossinae: Macroglossini													
<i>Hyles euphorbiarum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
<i>Xylophanes aglaor</i>	1	5	16	5	5	1	26	4	11	10	7	-	91
<i>Xylophanes ceratomioides</i>	-	2	8	1	6	-	12	6	6	2	-	-	43
<i>Xylophanes chiron nechus</i>	1	3	8	-	5	2	20	6	15	39	7	-	106
<i>Xylophanes indistincta</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Xylophanes isaon</i>	-	-	2	2	3	-	8	-	4	-	-	-	19
<i>Xylophanes loelia</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Xylophanes marginalis</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Xylophanes pistacina</i>	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Xylophanes porcus continentalis</i>	-	-	2	-	2	-	1	2	1	3	2	-	13
<i>Xylophanes tersa tersa</i>	-	2	16	2	7	9	12	6	12	21	3	-	90
<i>Xylophanes thyelia thyelia</i>	12	18	26	17	23	19	9	16	21	31	20	8	220
<i>Xylophanes titana</i>	-	3	20	14	2	3	24	-	22	16	1	-	105
<i>Xylophanes xylobotes</i>	-	10	2	1	-	2	5	-	3	5	-	-	28

Tabela 1. Continuação.

	Jul 2012	Ago 2012	Set 2012	Out 2012	Nov 2012	Dez 2012	Jan 2013	Fev 2013	Mar 2013	Abr 2013	Mai 2013	Jun 2013	Total por espécie
Macroglossinae: Philampelini													
<i>Eumorpha analis</i>	-	-	-	-	2	7	18	2	2	-	-	-	31
<i>Eumorpha anchemolus</i>	-	-	1	1	-	1	3	-	-	2	-	-	8
<i>Eumorpha labruscae labruscae</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Eumorpha obliquus orientis</i>	2	7	18	4	108	8	2	1	6	1	-	-	157
<i>Eumorpha translineatus</i>	-	-	-	-	-	7	3	-	-	-	-	-	10
Smerinthinae: Ambulycini													
<i>Adhemarius daphne daphne</i>	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1	1	1	6
<i>Adhemarius eurysthenes</i>	22	28	10	1	41	21	42	13	21	50	37	20	306
<i>Adhemarius gannascus</i>	-	1	1	2	11	2	3	11	16	5	2	3	57
<i>Adhemarius palmeri</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	2
<i>Orecta lycidas lycidas</i>	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2
<i>Protambulyx eurycles</i>	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1	1	-	4
<i>Protambulyx strigilis</i>	-	-	-	1	3	-	5	-	1	-	-	-	10
Sphinginae: Acherontiini													
<i>Agrius cingulata</i>	-	-	32	26	14	-	2	1	1	6	1	-	83

Tabela 1. Continuação.

	Jul 2012	Ago 2012	Set 2012	Out 2012	Nov 2012	Dez 2012	Jan 2013	Fev 2013	Mar 2013	Abr 2013	Mai 2013	Jun 2013	Total por espécie
Sphinginae: Sphingini													
<i>Amphimoea walkeri</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Cocytius antaeus</i>	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Cocytius beelzebuth</i>	-	-	1	-	1	2	-	-	-	-	-	-	4
<i>Cocytius duponchel</i>	-	3	-	1	2	1	1	4	2	7	-	4	25
<i>Cocytius lucifer</i>	-	1	3	4	-	-	-	1	10	2	-	-	21
<i>Manduca brasiliensis</i>	-	-	3	1	46	-	18	25	24	4	-	-	121
<i>Manduca dalica anthina</i>	-	-	-	1	-	3	4	2	3	-	1	-	14
<i>Manduca diffissa petuniae</i>	-	-	1	2	7	1	2	6	3	1	-	-	23
<i>Manduca florestan</i>	-	-	-	-	7	62	34	2	14	45	3	1	168
<i>Manduca incisa</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Manduca lefeburii lefeburii</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Manduca lichenea</i>	-	-	20	10	2	-	-	-	-	-	-	-	32
<i>Neococytius cluentius</i>	-	1	-	1	2	-	1	-	1	1	1	-	8
Total por mês	48	102	302	180	479	176	383	126	235	327	108	43	2.509

1.2. Curva de amostragem de espécies e riqueza estimada

A Figura 6 mostra a curva de amostragem de espécies gerada por rarefação a partir dos 11 eventos amostrais realizados durante o estudo (sem a inclusão da coleta de dezembro, devido ao seu esforço amostral defasado – ver seção 2 de Material e Métodos), além do resultado do estimador de riqueza Jackknife aplicado com estas 11 amostras. A não utilização da coleta de dezembro na curva de rarefação não causou alterações na riqueza total obtida, já que nenhuma espécie foi coletada exclusivamente neste mês. A Tabela 2 mostra o valor de riqueza fornecido pela rarefação para cada evento amostral e o aumento percentual no número de espécies amostradas a cada novo evento amostral. Na Tabela 2 também estão incluídos valores gerados a partir de extrapolação da curva de rarefação, até o 29º evento amostral, quando o valor de riqueza de espécies se igualou ao estimado pelo Jackknife.

O Jackknife resultou em uma riqueza estimada de 79,45 espécies (intervalo de confiança a 95%: $\pm 7,17$), de forma que o limite inferior de seu intervalo de confiança fica acima do limite superior do intervalo de confiança da riqueza obtida pelo método de rarefação para o último evento amostral ($64 \pm 7,92$) (Fig. 6). O estimador de riqueza, portanto, sugere que as 11 coletas não foram suficientes para abranger toda a riqueza de esfingídeos existente na Estação Biológica de Boraceia. De fato, 81 espécies de esfingídeos já foram registradas na EBB, valor que supera em 17 a riqueza obtida na campanha realizada neste estudo e se aproxima bastante do estimado pelo Jackknife, corroborando fortemente o resultado do estimador. Mais detalhes a respeito de espécies registradas anteriormente na EBB são apresentados na seção 2 de Resultados e Discussão.

A Tabela 2 mostra que a riqueza amostrada cresceu em ritmo muito lento nos últimos eventos amostrais, com aumentos inferiores a 5% após a quinta amostra e inferiores a 3% após a nona. Dessa forma, a realização de novas coletas seria provavelmente pouco proveitosa em termos de aumento da riqueza amostrada. De fato, os eventos amostrais simulados pela extrapolação da curva de rarefação (Tab. 2, do 12º evento em diante) apresentaram incremento muito pequeno na riqueza em relação ao evento antecedente, de forma que apenas no 29º (ou seja, com a adição de 18 amostras além das que foram efetivamente realizadas) a riqueza atingiu o valor fornecido pelo estimador.

Figura 6. Curva de amostragem de espécies gerada pelo método de rarefação por evento amostral (100 aleatorizações, sem reposição) e resultado do estimador de riqueza Jackknife (círculo vazado, com barras do intervalo de confiança a 95%). A amostra de dezembro não foi incluída devido ao esforço amostral defasado. Linhas tracejadas = intervalo de confiança a 95%.

Tabela 2. Valores da curva de amostragem de espécies construída pelo método de rarefação (100 aleatorizações, sem reposição), incluindo eventos amostrais gerados por extrapolação da curva (indicados por asterisco) até que a riqueza superasse o valor estimado pelo Jackknife (79,45).

Evento amostral	Riqueza resultante da rarefação	Aumento na riqueza em relação ao evento amostral precedente (%)
1	28	-
2	39,27	40,25
3	45,33	15,43
4	49,32	8,80
5	52,36	6,16
6	54,87	4,79
7	57,05	3,97
8	59,01	3,44
9	60,8	3,03
10	62,45	2,71
11	64	2,48
12*	65,44	2,25
13*	66,79	2,06
14*	68,05	1,89
15*	69,23	1,73
16*	70,33	1,59
17*	71,35	1,45
18*	72,31	1,35
19*	73,21	1,24
20*	74,04	1,13
21*	74,83	1,07
22*	75,55	0,96
23*	76,24	0,91
24*	76,87	0,83
25*	77,47	0,78
26*	78,02	0,71
27*	78,54	0,67
28*	79,03	0,62
29*	79,48	0,57

1.3. Variações na estrutura da comunidade ao longo do ano

1.3.1. Variações na riqueza de espécies ao longo do ano

A Figura 7 mostra a riqueza de espécies de esfingídeos, na totalidade e por subfamília, de acordo com o mês de amostragem. Observa-se no gráfico um padrão bastante claro de valores menores nos meses de inverno, tendo sido coletadas apenas oito espécies em junho de 2013. Os dois meses com riquezas mais altas foram novembro de 2012 e janeiro de 2013, ambos com 40 espécies. É importante notar que dezembro de 2012 (riqueza = 26) teve um esforço amostral inferior aos dos demais meses; este mês possivelmente apresentaria uma riqueza de espécies mais próxima das dos outros meses de primavera/verão caso não houvesse ocorrido a falha. Já fevereiro de 2013 teve uma riqueza curiosamente baixa quando comparado a meses próximos como janeiro e março, não acompanhando a tendência geral observada no gráfico.

As três subfamílias de esfingídeos – *Macroglossinae*, *Sphinginae* e *Smerinthinae* – foram registradas em todos os meses de coleta (Fig. 7). *Macroglossinae* foi, de forma geral, a subfamília mais rica em espécies durante todo o ano, tendo sido responsável em quase todos os meses por mais de 60% das espécies coletadas. O único mês que diferiu do padrão foi junho de 2013, no qual esta subfamília representou apenas 38% das espécies amostradas, proporção igual à de *Smerinthinae*. A maior prevalência de *Macroglossinae* ocorreu em julho de 2012, quando nove das 11 espécies coletadas (82%) pertenceram a esta subfamília. *Smerinthinae*, por outro lado, foi na maioria dos meses a subfamília com menor riqueza de espécies. Este padrão, porém, não se aplicou a três meses: julho de 2012 e maio de 2013, quando *Smerinthinae* e *Sphinginae* tiveram riquezas iguais, e junho de 2013, quando *Sphinginae* apresentou a menor riqueza entre as três subfamílias.

Figura 7. Riqueza de espécies por mês de amostragem, com distinção entre as subfamílias. Os valores no topo das colunas correspondem às riquezas totais dos meses. *Dezembro de 2012 teve esforço amostral defasado (apenas três noites de coleta ao invés de quatro).

1.3.2. Variações na abundância ao longo do ano

A Figura 8 mostra a abundância absoluta de esfingídeos, total e por subfamília, em cada mês de coleta. Levando-se em conta apenas a totalidade de esfingídeos, sem distinção entre as subfamílias, uma tendência semelhante à observada na Figura 7 pode ser notada neste gráfico, embora menos evidente. De forma similar ao que ocorreu em relação à riqueza de espécies, os meses de inverno apresentaram os menores valores de abundância, com destaque para julho de 2012 e junho de 2013, que não chegaram a 50 indivíduos coletados (valores impressionantemente baixos, considerando-se que correspondem ao total de indivíduos coletados em quatro noites e que a abundância média por noite no estudo foi 53,4). Não se observou, porém, uma tendência tão bem definida nos meses mais próximos do verão, havendo uma alternância de valores altos e baixos entre setembro de 2012 e abril de 2013. Novembro de 2012 foi o mês de maior abundância (479 indivíduos, o que corresponde a quase um quinto de todos os esfingídeos coletados), seguido por janeiro de 2013. Houve, portanto, coincidência entre os dois meses de maior abundância e de maior riqueza de espécies. Novamente, deve-se notar que o mês de dezembro de 2012, com abundância muito mais baixa que as de novembro e janeiro, teve esforço amostral inferior (embora a realização de uma noite de coleta a menos em dezembro não possa ser tomada como a única razão para estas diferenças tão expressivas de abundância).

Para facilitar o estudo da variação ao longo do ano na abundância das subfamílias, a Figura 9 mostra a variação mensal da abundância relativa (expressa em porcentagem) de cada uma delas. Assim como ocorreu para a riqueza de espécies, Macroglossinae foi a subfamília mais abundante em todos os meses, à exceção de junho de 2013, quando foi superada por Smerinthinae.

Um padrão envolvendo variações temporais nas abundâncias relativas das subfamílias fica claro quando se examina a Figura 9: Smerinthinae foi a única subfamília a exibir aumento na abundância relativa nos meses mais frios e secos (maio a agosto), contrastando com uma queda nos valores das outras duas subfamílias. Dessa forma, Smerinthinae, que apresentou as menores abundâncias relativas durante a maior parte do ano (setembro a abril), foi mais abundante que Sphinginae em julho e agosto de 2012 e em maio e junho de 2013, tendo superado também Macroglossinae neste último mês. Sphinginae apresentou valores de abundância especialmente baixos nestes quatro meses, tendo sido coletado apenas um indivíduo da subfamília em julho de 2012.

Figura 8. Abundância absoluta por mês de amostragem, com distinção entre as subfamílias. Os valores no topo das colunas correspondem às abundâncias totais dos meses. *Dezembro de 2012 teve esforço amostral defasado (apenas três noites de coleta ao invés de quatro).

Figura 9. Flutuações na abundância relativa das subfamílias ao longo dos meses de amostragem. *Dezembro de 2012 teve esforço amostral defasado (apenas três noites de coleta ao invés de quatro).

1.3.3. Variações e padrões na composição e na equabilidade ao longo do ano

As Figuras 10 a 21 mostram os diagramas de Whittaker e a composição de espécies de cada mês de coleta. Observando-se o panorama geral dos diagramas, é possível notar que as curvas mais curtas (dos meses menos ricos em espécies) tenderam a ser mais inclinadas, indicando menor equabilidade.

Julho de 2012 e junho de 2013 representam um dos extremos desta tendência, já que foram os dois meses com menores riquezas e com maior prevalência da(s) espécie(s) mais abundante(s) sobre as demais. No caso de julho (Fig. 10), duas espécies – *Adhemarius eurysthenes* e *Xylophanes t. thyelia* – representaram, juntas, 70,8% dos indivíduos coletados, sendo muito mais abundantes do que as outras nove coletadas no mês. Na coleta de junho (Fig. 21) registrou-se a menor de todas as riquezas mensais (apenas oito espécies) e as mesmas duas espécies citadas anteriormente foram muito dominantes sobre as demais, totalizando 65,1% dos esfingídeos. Este mês foi o de maior predomínio de uma única espécie: *A. eurysthenes* representou 46,5% dos indivíduos coletados.

No outro extremo da tendência estão meses que tiveram riquezas altas: setembro e outubro de 2012 e janeiro, março e abril de 2013 (Figs. 12, 13, 16, 18, 19), nos quais foram coletadas 36, 36, 40, 35 e 35 espécies, respectivamente. Os diagramas de Whittaker destes cinco meses apresentam curvas semelhantes entre si, com inclinações muito suaves se

comparadas às dos demais. As amostragens nestes meses, portanto, indicaram equabilidade alta na comunidade de esfingídeos, não havendo espécies muito dominantes em relação às demais. De fato, em nenhum destes meses as duas espécies mais abundantes chegaram a representar, juntas, 30% dos indivíduos coletados, valor muito inferior ao obtido apenas para a abundância relativa da primeira espécie mais abundante em junho ou julho. O mês de maior equabilidade foi março, cujo diagrama de Whittaker (Fig. 18) possui a curva de inclinação mais suave, e cujas espécies mais abundantes apresentaram os menores valores de abundância relativa: *Manduca brasiliensis* foi responsável por 10,2% dos esfingídeos e *Xylophanes titana* por 9,4%. Também chama atenção o fato de que este foi o único mês cujas duas espécies mais abundantes representaram, juntas, menos de 20% dos indivíduos coletados.

O único mês que fugiu um pouco à tendência de riquezas mais altas associadas a maiores equabilidades foi novembro de 2012 (Fig. 14). Embora a coleta deste mês tenha resultado na riqueza mensal mais alta (40 espécies, valor igualado apenas em janeiro de 2013), seu diagrama de Whittaker apresenta uma curva consideravelmente mais inclinada do que as dos demais meses com valores de riqueza altos (setembro, outubro, janeiro, março e abril), indicando equabilidade mais baixa. Este resultado se deve principalmente à alta abundância de *Eumorpha obliquus orientis* registrada em novembro: tratou-se da maior abundância absoluta de uma espécie em um único mês, tendo sido coletados 108 indivíduos da mesma nas quatro noites de amostragem de novembro. *Eumorpha obliquus orientis*, assim, correspondeu a 22,5% dos esfingídeos coletados no mês, valor elevado se comparado às abundâncias relativas registradas para as espécies mais abundantes nos outros meses com riquezas altas. Por outro lado, o fato de novembro ter sido o mês de maior abundância absoluta (479 indivíduos) reduziu, até certo ponto, a representatividade de *E. obliquus orientis* no diagrama de Whittaker e fez com que este mês apresentasse equabilidade de nível mediano entre os meses de coleta.

Os meses ainda não mencionados representam níveis intermediários da tendência sugerida, com riquezas medianas (18, 26, 26 e 23 espécies para agosto de 2012, dezembro de 2012, fevereiro de 2013 e maio de 2013, respectivamente) e diagramas de Whittaker (Figs. 11, 15, 17, 20) com curvas sugerindo equabilidades intermediárias entre níveis altos como os de setembro de 2012 ou março de 2013 e baixos como os de julho de 2012 ou junho de 2013.

Fevereiro apresentou uma equabilidade ligeiramente mais alta do que as de agosto, dezembro ou maio, tendo as suas duas espécies mais abundantes – *Manduca brasiliensis* e *Xylophanes t. thyelia* – representado, juntas, 32,5% do total de indivíduos coletados, um valor relativamente baixo. Já as amostragens realizadas nestes outros três meses sugeriram equabilidades consideravelmente baixas, e a espécie mais abundante em cada um deles teve

uma prevalência razoavelmente alta sobre as demais: *Manduca florestan* correspondeu a 35,2% dos esfingídeos coletados em dezembro e *Adhemarius eurysthenes* representou 27,5% dos coletados em agosto e 34,3% dos coletados em maio. É importante mencionar que o esforço amostral inferior da coleta de dezembro pode ter influenciado o resultado – a curva do diagrama de Whittaker deste mês indica equabilidade baixa e se assemelha às curvas de meses mais frios e secos, como maio e agosto. É possível que, se não houvesse ocorrido a falha, este mês apresentasse uma curva mais semelhante às dos demais meses de calor.

O gráfico da Figura 22, no qual a amostragem de cada mês é representada por um ponto, ilustra a regressão linear ($y = -0,0137x + 0,7751$; $r^2 = 0,8164$; $p < 0,01$) obtida a partir dos valores mensais de riqueza de espécies e da somatória das abundâncias relativas das duas espécies mais abundantes no mês. Este gráfico evidencia a tendência descrita nos parágrafos anteriores: de forma geral, quanto mais espécies foram coletadas em determinado mês, menor foi a representatividade das espécies mais abundantes naquele mês (em outras palavras, maior foi a equabilidade).

Por fim, o diagrama de Whittaker que representa a totalidade dos esfingídeos coletados (Fig. 23) mostra uma curva de inclinação mais suave do que a da maioria dos meses individualmente, indicando uma equabilidade consideravelmente alta da comunidade amostrada durante os doze meses. *Adhemarius eurysthenes*, que foi a espécie mais abundante na somatória de todos os meses, representou 12,2% dos esfingídeos coletados, e somando-se este valor à abundância relativa da segunda espécie mais abundante (*Xylophanes t. thyelia*) chega-se ao total de 21%. Tais valores são superiores apenas aos obtidos para as duas espécies mais abundantes de março, único mês que apresentou equabilidade superior à obtida para o estudo com um todo.

É interessante notar que cada um dos cinco meses de maior equabilidade teve uma espécie diferente como a mais abundante (*Erinnyis a. alope*, *Agrius cingulata*, *Erinnyis oenotrus*, *Manduca brasiliensis* e *Adhemarius eurysthenes* para setembro, outubro, janeiro, março e abril, respectivamente). Tal resultado pode ser uma indicação de que a comunidade de Sphingidae da EBB tem estrutura e composição, de forma geral, bastante variável ao longo do ano.

A separação dos meses de amostragem em duas estações, de modo a possibilitar a visualização de padrões adicionais nos diagramas obtidos a partir das análises multivariadas, resultou em uma dicotomia entre os meses de novembro a abril (estação quente e chuvosa) e de maio a outubro (estação fria e seca) (Fig. 24). A pluviosidade por si só não permitiu uma delimitação clara entre as estações, já que novembro e abril apresentaram valores intermediários na escala. Com a adição dos dados de temperatura, porém, foi possível

estabelecer facilmente a separação das estações; enquanto todos os meses entre maio e outubro apresentaram valores abaixo de 16°C, as temperaturas médias dos demais meses foram muito superiores a este valor (a média mais baixa foi de 18,5°C, em abril).

A Figura 25 mostra o diagrama obtido a partir do escalonamento multidimensional não-métrico ($stress = 0,098$), distinguindo entre os meses da estação seca e os da estação chuvosa. Uma vez que foram levados em conta apenas dados de presença/ausência para aproximar as unidades amostrais, o diagrama ilustra a semelhança entre os diferentes meses com base exclusivamente na composição de espécies (desconsiderando as informações de abundância). As posições muito isoladas dos pontos correspondentes a junho e julho indicam que estes meses apresentaram composições de espécies muito próprias e diferentes das de todos os outros. Maio e agosto ficaram bem menos distantes da maioria dos pontos, mas ainda assim relativamente isolados. Os pontos correspondentes aos demais meses ficaram muito próximos entre si (com setembro e outubro ligeiramente mais distantes). Pode-se supor que, caso não houvesse ocorrido a falha relacionada ao esforço amostral de dezembro e este mês tivesse sido incluído na análise, seu ponto também se localizaria no aglomerado formado pelos meses de setembro a abril.

O diagrama, portanto, sugere que a composição de espécies de Sphingidae na EBB passa por um ciclo anual, no qual se mantém com poucas alterações durante o período que compreende os dois últimos meses da estação seca (setembro e outubro) e toda a estação chuvosa (novembro a abril), sofre uma transição em maio até chegar a configurações muito diferentes em junho e julho (ápice da estação fria/seca), e passa por um novo período de transição em agosto, retornando então à composição típica dos meses de primavera e verão. Este ciclo, observado para os esfingídeos da EBB como um todo, provavelmente resulta da somatória da flutuação anual de várias espécies que foram registradas em quase todos os meses de setembro de 2012 a abril de 2013 e não foram registradas nos demais meses, sobretudo em julho de 2012 e junho de 2013 (ver, na Tabela 1, por exemplo, *Agrius cingulata*, *Callionima parce*, *Erinnyis a. alope*, *Erinnyis e. ello*, *Erinnyis oenotrus*, *Manduca brasiliensis*, *Manduca diffissa petuniae*, *Xylophanes ceratomioides*, *Xylophanes t. tersa* e *Xylophanes titana*). As riquezas muito baixas registradas em junho e julho, bem como o fato de estes dois meses terem apresentado apenas três espécies em comum, determinaram o posicionamento extremamente isolado (inclusive entre si) de seus pontos.

O diagrama resultante da análise de correspondência (Fig. 26), que leva em conta tanto composição quanto abundância das espécies para aproximar os meses por semelhança, apresentou uma distribuição de pontos completamente diferente da obtida pelo escalonamento não-métrico (Fig. 25). A análise de correspondência não apontou nenhum padrão em relação

às estações seca e chuvosa, mas ficou clara no diagrama uma separação entre os meses de janeiro a agosto (posicionados na metade esquerda), setembro e outubro (no canto superior direito) e novembro (cujo ponto foi o mais isolado de todos, no canto inferior direito).

Apesar de não muito óbvia, uma tendência de sucessão ao longo do ano também pode ser interpretada a partir deste diagrama, já que, à exceção de novembro, todos os meses tiveram seus pontos localizados a pequena distância de pelo menos um mês temporalmente próximo e, em geral, a maiores distâncias dos meses temporalmente distantes. Este padrão é gerado pelo fato de que, sucessivamente, indivíduos de determinadas espécies atingem a fase adulta e substituem outras cujas populações já passaram pelo período reprodutivo e entraram em declínio. Dessa forma, meses temporalmente próximos tendem a ter mais espécies em comum em atividade na fase adulta, e espécies diferentes em relação aos meses mais distantes.

Como exemplos de espécies que tiveram sua ocorrência registrada durante um período restrito e relativamente curto do ano, podem ser citadas *Enyo l. lugubris* (registrada em dezembro e janeiro), *Erinnyis lassauxii* (março e abril), *Eumorpha analis* (novembro a março), *Eumorpha translineatus* (dezembro e janeiro) e *Manduca lichenea* (setembro a novembro) (Tab. 1). Outras espécies, apesar de não terem se restringido a um período curto do ano, foram muito abundantes em certos meses e registradas em quantidades muito menores em outros (ver, na Tabela 1, por exemplo, *Agrius cingulata*, *Cocytius lucifer*, *Erinnyis a. alope*, *Erinnyis e. ello*, *Eumorpha obliquus orientis* e *Xylophanes chiron nechus*). Espécies como estas, embora estejam presentes durante a maior parte do ano, provavelmente permanecem em abundâncias muito mais baixas durante a maioria dos meses que não coincidem com seu pico reprodutivo e seus imagos desaparecem apenas nos meses mais frios e secos, ou nem mesmo neles.

Embora para nenhuma espécie se tenha registrado pico de abundância no período de outono e inverno (abril a agosto), ainda assim os pontos correspondentes a estes cinco meses ficaram posicionados relativamente próximos entre si no diagrama da análise de correspondência. O motivo mais provável para a obtenção deste resultado foi a alta abundância relativa das espécies *Xylophanes t. thyelia* e, principalmente, *Adhemarius eurysthenes* nestes meses. *Xylophanes t. thyelia* foi a segunda espécie mais abundante em maio, junho, julho e agosto e *A. eurysthenes* foi a espécie mais abundante em todos os meses em questão. Considerando-se os valores baixos de abundância das demais espécies nestes meses (sobretudo de maio a agosto), a forte prevalência das duas espécies mencionadas acima parece ser motivo suficiente para a aproximação dos pontos no diagrama.

Figura 10. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de julho de 2012 (riqueza = 11).

Figura 11. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de agosto de 2012 (riqueza = 18).

Figura 12. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de setembro de 2012 (riqueza = 36).

Figura 13. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de outubro de 2012 (riqueza = 36).

Figura 14. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de novembro de 2012 (riqueza = 40).

Figura 15. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de dezembro de 2012 (riqueza = 26).

*Este mês teve esforço amostral defasado (apenas três noites de coleta ao invés de quatro).

Figura 16. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de janeiro de 2013 (riqueza = 40).

Figura 17. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de fevereiro de 2013 (riqueza = 26).

Figura 18. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de março de 2013 (riqueza = 35).

Figura 19. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de abril de 2013 (riqueza = 35).

Figura 20. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de maio de 2013 (riqueza = 23).

Figura 21. Diagrama de Whittaker e composição de espécies de junho de 2013 (riqueza = 8).

Figura 22. Regressão linear obtida a partir da riqueza de espécies de cada mês e da somatória das abundâncias relativas das duas espécies mais abundantes naquele mês. Cada mês de amostragem é representado por um ponto. Equação linear: $y = -0,0137x + 0,7751$; $r^2 = 0,8164$; $p < 0,01$.

Figura 23. Diagrama de Whittaker representando a totalidade dos meses de amostragem (riqueza = 64).

Figura 24. Dados de precipitação acumulada mensal na Adutora do Rio Claro (Sabesp) (linha contínua, círculos cheios) e de temperatura média mensal das noites de coleta (linha tracejada, círculos vazados), ilustrando a separação entre as estações fria/seca (julho a outubro e maio e junho) e quente/chuvosa (novembro a abril) (representada pela área sombreada).

Figura 25. Diagrama resultante do escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), com coeficiente de Sørensen. $Stress = 0,098$. Os pontos representam os meses de amostragem (julho de 2012 a junho de 2013, exceto dezembro). Meses da estação fria/seca estão representados em letras minúsculas e da estação quente/chuvosa em letras maiúsculas. Para melhor visualização, ampliou-se a área com grande acúmulo de pontos.

Figura 26. Diagrama resultante da análise de correspondência (CA). Eixo 1: 26,222% do total. Eixo 2: 19,492% do total. Os pontos representam os meses de amostragem (julho de 2012 a junho de 2013, exceto dezembro). Meses da estação fria/seca estão representados em letras minúsculas e da estação quente/chuvosa em letras maiúsculas.

1.4. Variações na estrutura da comunidade ao longo da noite

1.4.1. Variações na riqueza de espécies ao longo da noite

Se desconsiderarmos os primeiro intervalos, o gráfico de riqueza de espécies de esfingídeos por horário de coleta (Fig. 27) mostra um padrão geral de diminuição com o passar da noite, embora algumas oscilações sejam observadas em relação a esta tendência.

O primeiro intervalo de coleta (I1: 18:00h – 18:30h), com riqueza muito inferior em relação aos imediatamente seguintes, foi fortemente influenciado pela luz solar. Em metade das expedições à EBB o crepúsculo ocorreu após 18:00h (Tab. 3), de forma que o I1 muitas vezes se passou parcial ou completamente sob a luz do sol, situação em que a atração de mariposas por luz artificial foi nula. Nas coletas de dezembro, janeiro e fevereiro o sol se pôs às 18:45h ou mais tarde (às 18:53h nas noites de janeiro), de forma que, nestes meses, mesmo após 19:00h ainda houve alguma claridade solar. Os intervalos 2 e 3, assim, também foram afetados por este fator, embora não tão intensamente.

De forma análoga, a luz solar do início da manhã certamente teve influência sobre os dois últimos intervalos (I23 e I24, das 05:00h às 06:00h), já que em quatro meses o sol nasceu às 05:30h ou mais cedo (Tab. 3). O intervalo 22 (04:30h – 05:00h), apesar de ter sido fracamente afetado por luminosidade solar nos meses de novembro e dezembro, apresentou riqueza consideravelmente superior às dos dois intervalos anteriores.

O I4 (19:30h – 20:00h) foi o primeiro intervalo com ausência absoluta de luz solar independentemente do mês. Este foi o intervalo com maior riqueza de esfingídeos (35 espécies), e a partir dele inicia-se a tendência de diminuição. O último intervalo (I24: 05:30h – 06:00h) foi o de riqueza mais baixa, com dez espécies registradas.

A subfamília *Macroglossinae* foi a mais rica em espécies durante toda a noite, seguida em quase todos os intervalos por *Sphinginae* (Fig. 27). Esta última só teve riqueza inferior à de *Smerinthinae* no início da noite (intervalos 1 e 2), sendo que nenhum exemplar de *Sphinginae* foi coletado no primeiro intervalo. *Smerinthinae*, que teve apenas sete espécies registradas durante o estudo, foi, previsivelmente, a subfamília de menor riqueza durante quase toda a noite, e não foi coletada nos dois últimos intervalos.

Figura 27. Riqueza de espécies por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração), com distinção entre as subfamílias. Os valores no topo das colunas correspondem às riquezas totais dos intervalos. I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Tabela 3. Horários médios do nascer e do pôr do sol (obtidos a partir dos horários das quatro noites de coleta) em cada expedição à EBB.

Expedição	Nascer do sol	Pôr do sol
Julho 2012	06:41h	17:36h
Agosto 2012	06:24h	17:47h
Setembro 2012	05:57h	17:56h
Outubro 2012	05:28h	18:06h
Novembro 2012	05:10h	18:21h
Dezembro 2012	05:11h	18:45h
Janeiro 2013	05:30h	18:53h
Fevereiro 2013	05:46h	18:47h
Março 2013	06:02h	18:23h
Abril 2013	06:13h	17:55h
Mai 2013	06:24h	17:33h
Junho 2013	06:39h	17:23h

1.4.2. Variações na abundância ao longo da noite

O gráfico de abundância por horário de coleta (Fig. 28) apresentou, de forma geral, padrão semelhante ao observado para a riqueza de espécies (Fig. 27), com uma tendência ligeiramente mais acentuada de diminuição ao longo da noite. O I4, novamente, apresentou o valor mais alto (185 indivíduos), e nele se inicia a queda (com algumas interrupções) nos valores de abundância até o I24, que, assim como para a riqueza, apresentou o menor valor (apenas 14 indivíduos foram coletados após 05:30h). O primeiro intervalo, como já discutido, foi fortemente influenciado pela presença de luz solar e apresentou abundância muito baixa, no mesmo patamar das registradas para os intervalos finais.

A Figura 29 é o gráfico de flutuação das abundâncias relativas das subfamílias ao longo da noite. Assim como para a riqueza, Macroglossinae foi durante toda a noite a subfamília mais abundante. As outras duas subfamílias, porém, se alternaram no posto de segunda mais abundante: Smerinthinae apresentou valores mais altos no início da noite (até 19:30h) e durante a primeira metade de madrugada (entre 23:30h e 03:00h), tendo sido superada por Sphinginae nos demais períodos.

Os períodos de valores mais altos de Smerinthinae se deveram principalmente à abundância muito elevada de *Adhemarius eurysthenes*, espécie mais comum na EBB. Sphinginae se destacou bastante entre 19:30h e 23:30h, período em que esta subfamília apresentou valores de abundância absoluta consideravelmente altos (Figs. 28, 29).

Figura 28. Abundância absoluta por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração), com distinção entre as subfamílias. Os valores no topo das colunas correspondem às abundâncias totais dos intervalos. I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 29. Flutuações na abundância relativa das subfamílias ao longo da noite, em intervalos de meia hora de duração. I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

1.4.3. Variações e padrões na composição ao longo da noite

A análise de correspondência utilizando os intervalos de coleta como unidades amostrais (Fig. 30) revelou um padrão muito evidente de variação na composição da comunidade de esfingídeos ao longo da noite. A maioria dos pontos está disposta no diagrama em uma sequência que representa a ordem cronológica dos intervalos durante a noite, de forma que cada um está próximo do seu antecessor e do seu sucessor. Este padrão indica que há uma sucessão das espécies em atividade ao longo da noite. Determinadas espécies voam somente no período próximo do crepúsculo, com o avançar da noite são substituídas por outras que voam apenas nas horas seguintes, e assim por diante. O padrão se confunde um pouco entre 00:30h e 04:00h, já que os pontos correspondentes aos intervalos 14 a 20 estão próximos entre si no diagrama e não é possível observar uma sequência clara. Isto é uma indicação de que estes intervalos apresentam composições de espécies muito semelhantes entre si, com as mesmas espécies em atividade durante todo este período da noite. A partir das 04:00h (I21), o padrão sequencial se restabelece, terminando com o último intervalo (I24)

próximo de intervalos iniciais (I2 e I3), o que indica a existência de espécies crepusculares em atividade ao início e ao final da noite.

Alguns gráficos mostrando a variação na abundância ao longo da noite de determinados gêneros e espécies (Figs. 31-38) ajudam a explicar três padrões claros resultantes da análise de correspondência descrita no parágrafo anterior:

1. Os gráficos dos gêneros *Nyceryx* e *Perigonia* (Figs. 31, 32), ambos consideravelmente abundantes na amostragem (47 e 89 indivíduos, respectivamente), têm um padrão em comum de abundância muito alta nos primeiros três ou quatro intervalos (18:00h às 20:00h), valores muito baixos ou nulos durante a maior parte da noite e mais um momento de maior abundância (embora não tão alta quanto a do início da noite) nos últimos dois ou três intervalos (04:30h às 06:00h). No diagrama da análise de correspondência (Fig. 30), este padrão é refletido na separação entre os pontos correspondentes aos intervalos 1, 2, 3, 4, 22, 23 e 24 (localizados ao centro e à direita do diagrama) e todos os demais (concentrados à esquerda do diagrama).
2. Dois gêneros muito abundantes na amostragem, *Eumorpha* (207 indivíduos) e *Manduca* (360), apresentam em seus gráficos (Figs. 33, 34) um padrão bastante semelhante de abundâncias muito altas entre os intervalos 4 e 10 (19:30h às 23:00h) e mais baixas no restante da noite. Tal padrão é refletido no diagrama da análise de correspondência pela proximidade dos pontos correspondentes a esses intervalos (com o I4 um pouco mais distante dos demais).
3. Outro grande agrupamento no diagrama da análise de correspondência envolve os pontos correspondentes aos intervalos 12 a 21 (23:30h às 04:30h), embora o I19 esteja um pouco isolado dos demais. Algumas espécies muito abundantes, tais como *Agrius cingulata* (83 indivíduos coletados), *Erinnyis a. alope* (97), *Erinnyis e. ello* (124) e *Xylophanes t. thyelia* (220), exibiram abundâncias especialmente altas neste período da noite (Figs. 35-38), o que se reflete na proximidade entre os pontos correspondentes a estes horários.

Embora muitas espécies tenham apresentado picos de abundância em períodos restritos da noite, como as citadas anteriormente, outras exibiram padrões menos definidos de horário de atividade, com abundâncias relativamente constantes ao longo da noite. É o caso de algumas espécies muito abundantes na EBB, como *Adhemarius eurysthenes* (306 indivíduos coletados), *Erinnyis oenotrus* (149), *Xylophanes chiron nechus* (106) e *Xylophanes t. tersa*

(90) (Figs. 39-42). Estão disponíveis no Apêndice informações sobre abundância por horário de coleta de todas as espécies amostradas durante o estudo.

Para os insetos, um período de atividade restrito e sincronizado entre os indivíduos de uma espécie pode representar uma adaptação em diversos sentidos – possibilitando, por exemplo, o máximo aproveitamento de um determinado recurso ambiental, a capacidade de evitar predadores ou condições ambientais deletérias relacionados a um período específico do dia, ou a maximização das chances do encontro entre parceiros reprodutivos (LAZZARI & INSAUSTI, 2008).

Muitos insetos apresentam ciclos circadianos bimodais, com dois períodos de atividades (frequentemente bastante curtos) durante o dia (SAUNDERS, 1982). Estas espécies são normalmente crepusculares, sendo necessária uma intensidade luminosa específica, que ocorre apenas ao nascer e pôr do sol, para que entrem em atividade (LAZZARI & INSAUSTI, 2008). Dentre os esfingídeos coletados no presente estudo, os já citados gêneros *Nyceryx* e *Perigonia* exibiram ciclo circadiano nitidamente bimodal e crepuscular (Figs. 31, 32). Muitos outros gêneros ou espécies exibiram ciclos unimodais, com um período relativamente restrito de atividade durante a noite ou, mesmo que em atividade durante toda a noite, com um período curto em que abundâncias muito superiores foram amostradas (ver Figs. 33, 34, 36, 37, 41 e gráficos no Apêndice).

No caso dos esfingídeos, é possível que restrições de atividade em termos de horário tenham relação com a maior produção de néctar e liberação de odor atrativo por flores esfingófilas em determinado período da noite (ver, por exemplo, JOHNSON *et al.*, 2002; MCMULLEN, 2009) e com a maior probabilidade de machos detectarem feromônios liberados por fêmeas receptivas.

Figura 30. Diagrama resultante da análise de correspondência (CA). Eixo 1: 26,34% do total. Eixo 2: 18,65% do total. Os pontos representam os intervalos de coleta ao longo da noite (I). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 31. Abundância do gênero *Nyceryx* (total = 47) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 32. Abundância do gênero *Perigonia* (total = 89) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 33. Abundância do gênero *Eumorpha* (total = 207) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 34. Abundância do gênero *Manduca* (total = 360) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 35. Abundância de *Agrius cingulata* (total = 83) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 36. Abundância de *Erinnyis alope alope* (total = 97) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 37. Abundância de *Erinnyis ello ello* (total = 124) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 38. Abundância de *Xylophanes thyelia thyelia* (total = 220) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 39. Abundância de *Adhemarius eurysthene* (total = 306) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 40. Abundância de *Erinnyis oenotrus* (total = 149) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 41. Abundância de *Xylophanes chiron nechus* (total = 106) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 42. Abundância de *Xylophanes tersa tersa* (total = 90) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

1.5. Influência de variáveis climáticas durante a coleta

Entre as quatro variáveis climáticas analisadas, a umidade do ar foi a única a não mostrar relação com a abundância e a riqueza de espécies. A Figura 43 mostra os valores médios de abundância (por intervalo de meia hora de duração) correspondentes a cada faixa de umidade relativa do ar, bem como a tendência central dos dados (os valores entre o 1º e o 3º quartis, o que equivale a 50% dos valores). Nenhuma tendência clara pode ser visualizada no gráfico, com as médias oscilando bastante entre as diferentes faixas de umidade. A oscilação é especialmente alta entre as faixas inferiores a 86%, o que se deve aos pequenos números amostrais das mesmas: menos de 3% do tempo total de coleta se passou com valores tão baixos de umidade, o que levou a médias praticamente aleatórias nestas faixas. Nas faixas de umidade mais alta, os valores médios se mantiveram mais estáveis, variando entre 1,5 e 4,3 indivíduos chegando às lâmpadas por meia hora de coleta, mas ainda sem qualquer tendência perceptível.

O *boxplot* com os dados de umidade relativa do ar pode ser visualizado na Figura 44. Para a construção deste gráfico, foram utilizadas somente as faixas de umidade que incluíram pelo menos 10 intervalos de coleta (ou seja, acima de 86%). Novamente, não se observa nenhuma tendência clara, com a maioria das medianas equivalendo a 1 e com muita variação entre os valores máximos das faixas.

Os gráficos de relação entre riqueza de espécies e umidade do ar (Fig. 45: médias e valores centrais; Fig. 46: *boxplot* das faixas de umidade acima de 86%) mostraram resultados semelhantes aos dos gráficos de abundância. Não se nota nenhuma tendência e no *boxplot* todas as faixas são bastante semelhantes entre si (com exceção dos valores máximos, que variam muito).

Os resultados apresentados anteriormente sugerem que a umidade do ar exerce pequena ou nenhuma influência sobre a diversidade de esfingídeos atraídos pela luz artificial. Esta constatação provavelmente está relacionada ao fato de que, durante a noite, a umidade relativa do ar na EBB é quase sempre muito alta: em 58% dos intervalos de coleta a umidade foi igual ou superior a 99%, e em 89% dos intervalos foi igual ou superior a 91%. Dado que a umidade do ar encontra-se quase constantemente em níveis tão elevados, a pequena variação observada dentro deste patamar é provavelmente irrelevante para a atividade dos esfingídeos durante a noite.

Ao contrário do que ocorreu para a umidade do ar, a temperatura exibiu clara influência sobre a amostragem de esfingídeos. A Figura 47 mostra uma óbvia tendência de aumento na abundância média de esfingídeos chegando às lâmpadas de acordo com o aumento da temperatura. Nenhum esfingídeo foi coletado a temperaturas inferiores a 8°C, e

nas faixas abaixo de 15°C a média foi inferior a um indivíduo por meia hora de coleta. Com algumas leves oscilações na tendência, os valores médios crescem até atingir o pico de 6,1 indivíduos por meia hora de coleta na faixa de temperatura de 24 a 24,9°C. A ausência de esfingídeos na faixa de temperatura mais elevada (25 a 25,9°C) pode ser explicada pelo fato de que esta faixa inclui apenas um intervalo (o segundo de uma noite de novembro) no qual a umidade relativa foi de 80% (valor muito baixo para os padrões noturnos da EBB) e houve influência de luz solar (uma vez que nesta noite o pôr do sol ocorreu às 18:21h, poucos minutos antes do início do intervalo em questão).

O valor médio, porém, não deve ser utilizado como único parâmetro na análise da influência da temperatura sobre a abundância de esfingídeos. A variabilidade nos dados dentro de cada faixa de temperatura, ilustrada pelas barras na Figura 47 (que correspondem aos valores entre o 1º e o 3º quartis) e pelo *boxplot* completo (Fig. 48), mostra que uma grande quantidade de informações seria ignorada caso apenas as médias fossem levadas em conta. As barras de tendência central dos dados e os valores máximos indicados no *boxplot* revelam que não apenas as médias aumentam de acordo com a temperatura, como também aumenta a variabilidade nos valores de abundância. Por exemplo, enquanto em um intervalo de meia hora de coleta a uma temperatura abaixo de 14°C é extremamente improvável que sejam coletados mais do que três indivíduos, em um intervalo de coleta a uma temperatura superior a 19°C não é raro que também seja observada uma abundância de zero a três espécimes, mas existe a possibilidade de que se registre um valor até dez vezes maior.

As Figuras 49 e 50, que ilustram a variação na riqueza de espécies de acordo com as faixas de temperatura, mostram tendências bastante semelhantes às observadas nos gráficos de abundância. Novamente, pode-se observar uma tendência clara de aumento das médias e medianas acompanhando o aumento da temperatura, assim como cresce a variabilidade dentro das faixas. Em todas as faixas de temperatura entre 18 e 23,9°C a riqueza máxima foi bastante alta (nove espécies ou mais), mas os valores mínimos foram sempre zero e as barras de tendência central dos valores se mantiveram em patamares relativamente baixos (de uma a quatro espécies, em geral). A faixa de 24 a 24,9°C, porém, apresentou valor máximo consideravelmente inferior (sete espécies), apesar da média mais alta (3,3).

Levando-se em conta conjuntamente os resultados de média e variabilidade na abundância e na riqueza por faixa de temperatura, pode-se supor que grandes quantidades e diversidade de esfingídeos são registradas na EBB apenas a temperaturas mais altas, mas o calor não é garantia de uma coleta bem-sucedida; muitos intervalos de coleta a temperaturas elevadas resultaram em abundâncias e riquezas baixas, e até mesmo nulas.

A Tabela 4 mostra os valores de U e p obtidos a partir dos testes de Mann-Whitney realizados para verificar se houve diferença significativa na abundância e na riqueza amostradas entre intervalos com presença e ausência de chuva e neblina. Os resultados sugerem que a chuva e a neblina exerceram influência positiva sobre a coleta de esfingídeos, já que as abundâncias e riquezas foram significativamente mais altas nos intervalos em que houve registro destes eventos meteorológicos. Os testes realizados para a comparação entre intervalos com chuva e intervalos com neblina também resultaram na rejeição da hipótese nula, indicando que a neblina influencia positivamente a atração de esfingídeos de forma mais intensa do que a chuva. A Figura 51 evidencia os resultados dos testes de Mann-Whitney. Tanto para abundância quanto para riqueza o conjunto de intervalos de coleta com ocorrência de neblina apresentou quase todos os parâmetros do *boxplot* (máxima, 3º quartil, mediana e 1º quartil) superiores aos do conjunto de intervalos com ocorrência de chuva, que por sua vez apresentou valores superiores aos do conjunto com ausência dos fenômenos. Apenas os valores mínimos não seguiram a tendência, sendo sempre iguais a zero.

Os resultados expressos no parágrafo anterior são concordantes com algumas constatações feitas a partir da ordenação dos intervalos de coleta da maior para a menor abundância, que podem ser confirmadas examinando-se a Figura 52. Por exemplo, todos os 15 intervalos de maior abundância (nos quais se coletou de 17 a 24 indivíduos) tiveram ocorrência de chuva ou neblina. Dentre estes intervalos, houve neblina nos sete únicos com abundância maior ou igual a 20, fato coerente com o resultado obtido a partir do teste de Mann-Whitney de que a neblina apresenta influência positiva ainda mais intensa do que a chuva sobre a quantidade de esfingídeos chegando às lâmpadas. Considerando-se quantidades um pouco maiores de intervalos nesta análise, nota-se que a ocorrência de chuva ou neblina continua bastante predominante entre os intervalos de maior abundância: houve registro de algum dos dois eventos climáticos em 84% dos intervalos com abundância superior a 13 (26 em 31), assim como em 79% dos intervalos com abundância superior a dez (41 em 52). A expressividade destas proporções fica evidente ao se destacar o fato de que em apenas 17% do total de intervalos de coleta (188 em 1.128) houve ocorrência de neblina ou chuva.

Os resultados são bastante semelhantes levando-se em conta a riqueza de espécies. Na Figura 53 é muito evidente o aumento da proporção de intervalos com chuva ou neblina conforme cresce a riqueza amostrada. Em todos os intervalos com riqueza de espécies superior a dez registrou-se um dos dois fenômenos (mais frequentemente neblina), assim como em 85% dos intervalos com riqueza maior que seis (33 em 39).

A partir dos resultados expostos anteriormente, algumas inferências podem ser feitas a respeito da influência de variáveis climáticas no momento de coleta sobre a amostragem de

esfingídeos mediante atração por luz artificial. Como já mencionado, não se obteve nenhum resultado conclusivo a respeito da importância de variações na umidade do ar, o que provavelmente está relacionado à manutenção da umidade do ar quase sempre em níveis muito elevados na EBB durante as noites. Por outro lado, as outras três variáveis analisadas demonstraram exercer influência sobre o resultado das coletas. A temperatura, até certo ponto, agiu como fator limitante sobre a atração dos esfingídeos: todos os intervalos de coleta que se passaram nas faixas de temperaturas mais baixas resultaram em amostragens muito pobres ou nulas, mas nos intervalos de maior calor houve muita variação nos resultados obtidos, tendo sido registrados desde valores de abundância e riqueza muito baixos ou nulos até outros muito elevados. A ocorrência de chuva e neblina foi fortemente preponderante entre os intervalos de coleta mais bem-sucedidos, assim como muito baixa entre os intervalos que resultaram em amostragens mais pobres, o que demonstra claramente a influência positiva causada pela ocorrência destes eventos climáticos sobre a coleta de esfingídeos (tendo a neblina importância superior à da chuva).

Dessa forma, pode-se concluir que as variações de temperatura e a ocorrência de chuva e neblina agiram conjuntamente, e com forte influência, sobre a quantidade e a diversidade de Sphingidae amostradas durante o estudo. As coletas mais bem-sucedidas foram provavelmente determinadas pela ocorrência de algum dos dois fenômenos meteorológicos, que se mostraram muito favoráveis para a eficácia da armadilha luminosa, mas temperaturas baixas agiram decisivamente no sentido de reduzir a atração dos esfingídeos, a despeito da eventual ocorrência de chuva ou neblina.

A atividade dos insetos é determinada pela temperatura ambiente, de forma que ações como alimentação e busca por parceiros reprodutivos só podem ser realizadas quando a temperatura encontra-se em certa faixa que permite que o nível metabólico ideal seja atingido (CHAPMAN, 2013). Este autor também afirma que muitos insetos noturnos precisam aquecer os músculos do voo a uma temperatura superior à do ambiente para que a potência muscular necessária para voar seja atingida – o que é válido para os esfingídeos. Esta dependência provavelmente os torna especialmente sensíveis a temperaturas baixas, que dificultam muito que o calor necessário para o voo seja produzido. Dessa forma, o pequeno sucesso obtido em coletas com armadilhas luminosas a temperaturas baixas é um resultado esperado para estas mariposas.

Os resultados obtidos (Figs. 47-50) sugerem que o limite inferior de temperatura que permite a atividade dos esfingídeos da EBB está por volta dos 8°C, já que o indivíduo coletado à temperatura mais baixa foi um macho de *Perigonia stulta* que chegou às luzes em um momento em que o termômetro indicava 8,5°C. Ainda assim, abundâncias muito baixas

foram registradas em quase todos os intervalos de coleta a temperaturas inferiores a 15°C, e exatamente neste valor as abundâncias média e máxima por intervalo de coleta sofrem um aumento expressivo (Figs. 47, 48). Pode-se supor, portanto, que a partir dos 15°C inicia-se a faixa de temperatura efetivamente adequada para o metabolismo dos esfingídeos da EBB, na qual uma proporção muito maior destas mariposas entra em atividade.

LAROCA *et al.* (1989), MARINONI *et al.* (1999) e AMORIM *et al.* (2009) relataram a tendência de menores abundâncias e riquezas de Sphingidae serem amostradas em meses mais frios, e o primeiro dos três estudos também identificou uma relação direta entre temperatura no momento de coleta e eficácia da armadilha luminosa. Esta análise, porém, foi feita de forma pouco aprofundada, separando-se as temperaturas em apenas quatro faixas, e obteve um resultado de abundâncias mais altas nas duas faixas intermediárias, em contraste com valores menores nas duas faixas mais extremas (abaixo de 13°C e acima de 21°C). Também é bastante questionável o procedimento de não terem sido incluídas na análise as horas de coleta com abundâncias nulas, fato que pode ter causado alterações importantes nos resultados. Estudos semelhantes também foram realizados com noctuídeos e geometrídeos (HOLYOAK *et al.*, 1997; YELA & HOLYOAK, 1997) e concluiu-se que baixas temperaturas exercem notável influência negativa sobre a quantidade de mariposas atraídas pela luz artificial.

Apesar de conhecido entre entomólogos, o efeito positivo da neblina sobre a atração de lepidópteros por fontes de luz artificial foi pobremente descrito e estudado em trabalhos científicos, o que aumenta a importância da análise sobre este fenômeno realizada no presente estudo. LAROCA *et al.* (1989) trataram brevemente do assunto, afirmando que a condição meteorológica “chuveiro + nevoeiro” foi a mais favorável para a atração de esfingídeos, seguida, na ordem, por “nevoeiro” e “chuveiro”. Esta descrição, embora superficial, está de acordo com os resultados aqui apresentados (a condição “chuveiro + nevoeiro” provavelmente corresponde a um fenômeno que, no presente estudo, foi interpretado simplesmente como neblina muito intensa).

Sabe-se que os esfingídeos possuem excelente visão noturna e utilizam-na como importante sistema sensorial para encontrar as flores nas quais se alimentam (JANZEN, 1984; KELBER *et al.*, 2003; RAGUSO & WILLIS, 2005). PITTAWAY (1993 *apud* KITCHING & CADIOU, 2000) constatou que esfingídeos são capazes de visitar as mesmas plantas por várias noites consecutivas. Este hábito pode estar associado à capacidade de memorização e de estabelecimento de pontos de referência visuais no trajeto até as plantas (JANZEN, 1984), mas é necessária a realização de experimentos adicionais para que se possa concluir se os esfingídeos realmente utilizam tal estratégia de orientação (RAGUSO & WILLIS, 2005). JANZEN

(1984) sugeriu que a neblina, principalmente quando muito densa, diminui sensivelmente o alcance e a acuidade visual das mariposas, dificultando a sua orientação por referenciais próximos ou distantes (tais como a lua ou estrelas, que são adotados para permitir o voo em linha reta – BAKER & SADOVY, 1978; SOTTHIBANDHU & BAKER, 1979; WEHNER, 1984). Nesta situação, uma fonte luminosa na mata provavelmente tem a propriedade de concentrar as atenções de uma grande quantidade de mariposas, culminando na atração delas até a luz.

Diferentemente do que ocorre para a neblina, a opinião de especialistas a respeito do efeito imediato da chuva sobre a coleta de mariposas com armadilha luminosa é controversa, mas parece prevalecer a ideia de que o fenômeno seja prejudicial para a atração dos insetos. HOLYOAK *et al.* (1997) testaram a influência deste fator sobre a atração pela luz de 20 espécies de mariposas (dez de Noctuidae e dez de Geometridae) e concluíram que a chuva teve efeito negativo para seis espécies de noctuídeos e cinco de geometrídeos, e nenhum efeito significativo para as demais. Todas estas espécies, porém, tratam-se de mariposas muito menores e menos robustas do que o padrão geral de Sphingidae, fato que parece ter grande importância para a diferença observada em relação aos resultados obtidos no presente estudo e no trabalho de LAROCA *et al.* (1989) (já descritos anteriormente). Lepidópteros de pequeno porte são, provavelmente, muito mais afetados pelo impacto físico das gotas de água, o que deve levá-los a chegar em menor quantidade às lâmpadas durante a chuva. A potência de voo e a robustez dos esfingídeos, por outro lado, permitem que estas mariposas sejam plenamente aptas a voar sob a chuva (mesmo que o fenômeno não se restrinja à condição de “chuvisco”, única intensidade de chuva mencionada por LAROCA *et al.*, 1989). Além disso, de forma semelhante ao que foi discutido para a neblina, a chuva impede a visualização da lua e das estrelas, o que pode intensificar o uso da armadilha luminosa como referencial por parte das mariposas.

Outra explicação para a chuva e a neblina serem favoráveis à atração dos Sphingidae pode estar relacionada à alta umidade relativa do ar durante a ocorrência destes fenômenos. Embora no presente estudo não tenham sido observadas relações claras entre abundância e umidade do ar, sabe-se que umidades elevadas são, de forma geral, favoráveis para a atividade dos esfingídeos, como já sugerido por estudos que verificaram padrões relacionando maiores diversidades e abundâncias a meses mais úmidos (HABER & FRANKIE, 1989; DARRAULT & SCHLINDWEIN, 2002; AMORIM *et al.*, 2009; PRIMO *et al.*, 2013) ou que testaram diretamente a importância da umidade relativa do ar sobre o padrão de atividade ou sobre a distribuição geográfica de lepidópteros (BASKARAN & MAHADEVAN, 1994; AXMACHER *et al.*, 2009; STEINBAUER *et al.*, 2012).

Figura 43. Relação entre abundância e umidade relativa do ar no momento de coleta (por faixas de umidade). Pontos = abundância média. Barras = valores entre o 1º e o 3º quartis.

Figura 44. Boxplot ilustrando a relação entre abundância e umidade relativa do ar no momento de coleta (por faixas de umidade). Traços grossos = mediana da abundância. Barras = valores entre o 1º e o 3º quartis. Traços finos = valores máximos e mínimos.

Figura 45. Relação entre riqueza de espécies e umidade relativa do ar no momento de coleta (por faixas de umidade). Pontos = riqueza média. Barras = valores entre o 1º e o 3º quartis.

Figura 46. Boxplot ilustrando a relação entre riqueza de espécies e umidade relativa do ar no momento de coleta (por faixas de umidade). Traços grossos = mediana da riqueza. Barras = valores entre o 1º e o 3º quartis. Traços finos = valores máximos e mínimos.

Figura 47. Relação entre abundância e temperatura no momento de coleta (por faixas de temperatura). Pontos = abundância média. Barras = valores entre o 1º e o 3º quartis.

Figura 48. Boxplot ilustrando a relação entre abundância e temperatura no momento de coleta (por faixas de temperatura). Traços grossos = mediana da abundância. Barras = valores entre o 1º e o 3º quartis. Traços finos = valores máximos e mínimos.

Figura 49. Relação entre riqueza de espécies e temperatura no momento de coleta (por faixas de temperatura). Pontos = riqueza média. Barras = valores entre o 1º e o 3º quartis.

Figura 50. Boxplot ilustrando a relação entre riqueza de espécies e temperatura no momento de coleta (por faixas de temperatura). Traços grossos = mediana da riqueza. Barras = valores entre o 1º e o 3º quartis. Traços finos = valores máximos e mínimos.

Tabela 4. Resultados dos testes de Mann-Whitney realizados para verificar se houve diferença significativa na abundância e na riqueza de espécies entre intervalos de coleta com diferentes condições climáticas. Os valores entre parênteses correspondem ao número de intervalos em cada condição.

Condições climáticas comparadas	Abundância		Riqueza	
	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>U</i>	<i>p</i>
Presença (108) e ausência (1.020) de chuva	27.680	< 0,01	27.830	< 0,01
Presença (80) e ausência (1.048) de neblina	13.440	< 0,01	13.390	< 0,01
Presença de chuva (108) e presença de neblina (80)	2.819	< 0,01	2.845	< 0,01

Figura 51. Boxplots de abundância e riqueza por intervalo de coleta sob cada condição climática (presença de neblina, presença de chuva, ausência de ambas). Traços grossos = medianas. Barras = valores entre o 1º e o 3º quartis. Traços finos = valores máximos e mínimos.

Figura 52. Proporção de intervalos de coleta com diferentes condições climáticas (presença de neblina, presença de chuva, ausência de ambas) a cada valor de abundância registrado.

Figura 53. Proporção de intervalos de coleta com diferentes condições climáticas (presença de neblina, presença de chuva, ausência de ambas) a cada valor de riqueza de espécies registrado.

1.6. Razão sexual

A Tabela 5 mostra as razões sexuais (machos/fêmeas) obtidas para os esfingídeos na totalidade e para cada subfamília separadamente, bem como os resultados dos testes de qui-quadrado aplicados para verificar se estas razões diferem significativamente da proporção 1:1.

Os 2.509 indivíduos coletados corresponderam a 2.214 machos (88,2% do total) e 295 fêmeas (11,8%), resultando em uma razão sexual fortemente enviesada a favor dos machos (7,5 machos por fêmea). Resultados semelhantes foram obtidos para cada subfamília independentemente (Tab. 5), e Smerinthinae apresentou uma proporção de machos ainda mais extrema (91,7%), com 11,1 machos por fêmea.

A análise da razão sexual de cada espécie separadamente (Tab. 6) revelou que para 23 delas (o que equivale a 36% da riqueza amostrada) não se coletaram fêmeas. Entre estas espécies, merecem destaque *Perigonia stulta* e *Callionima nomius*, das quais foram coletados, respectivamente, 85 e 66 indivíduos, todos machos. A situação inversa (nenhum macho coletado) ocorreu para quatro espécies: *Enyo l. lugubris* (da qual foram coletadas três fêmeas), *Amphimoea walkeri*, *Enyo gorgon* e *Eumorphia l. labruscae* (das quais se coletou apenas um indivíduo de cada).

Os testes de qui-quadrado apontaram razão sexual enviesada a favor dos machos para exatamente metade das espécies coletadas. Para as outras 32 espécies, a proporção não diferiu estatisticamente de 1:1, mas este resultado foi claramente influenciado pela baixa amostragem da maioria destas espécies. Na Tabela 6, que apresenta as espécies em ordem decrescente de abundância, é evidente a concentração das espécies com predominância significativa de machos (indicadas por asterisco) na metade superior, em contraste com o acúmulo das espécies com razão sexual não estatisticamente diferente da proporção 1:1 na metade inferior.

À exceção de *Pseudosphinx tetrio* ($n = 38$), todas as espécies com abundância superior a 20 indivíduos apresentaram razão sexual significativamente desviada para o sexo masculino. Mesmo *P. tetrio*, porém, apresentou proporção de machos razoavelmente alta (1,9 macho por fêmea); esta espécie forneceu um valor de χ^2 (3,79) apenas ligeiramente inferior ao crítico de rejeição à hipótese nula (3,84).

Por outro lado, das 30 espécies com abundância inferior a dez indivíduos, apenas duas apresentaram o sexo masculino em proporção estatisticamente superior, mas os valores muito baixos de amostragem tornam os resultados do teste de qui-quadrado pouco confiáveis. Para várias espécies pouco abundantes não se coletou nenhuma fêmea, tais como *Adhemarius palmeri*, *Callionima inuus*, *Cocytius antaeus*, *Perigonia passerina*, *Protambulyx eurycles*, *Xylophanes pistacina*, entre outras (Tab. 6). Pode-se supor que uma razão sexual

significativamente enviesada para o sexo masculino seria verificada para muitas destas espécies, caso fossem mais abundantes na EBB.

A Tabela 7 mostra a razão sexual obtida para cada mês de coleta na EBB. As amostras de todos os meses apresentaram predominância significativa e bastante alta dos machos sobre as fêmeas, com razões variando de 5,7 machos por fêmea em novembro de 2012 a 23 machos por fêmeas em julho do mesmo ano, mês em que foram coletadas apenas duas fêmeas. De fato, julho teve proporção de machos muito superior à de qualquer outro mês, e a partir de agosto iniciou-se um período de seis meses com razões sexuais razoavelmente estáveis e com as menores taxas de machos, variando nas faixas de cinco a sete machos por fêmea. Os últimos cinco meses de coleta apresentaram mais instabilidade, com taxas entre 7 e 15 machos por fêmea.

A análise da razão sexual por intervalo de coleta ao longo da noite (Fig. 54) resultou em machos significativamente predominantes em quase todos os intervalos, com a taxa mais alta no I9 (22:00h – 22:30h), de 16,1 machos por fêmea. A única exceção foi o I23 (05:00h – 05:30h), com proporção de 1,7 macho por fêmea, razão que não foi interpretada pelo teste de qui-quadrado como uma diferença significativa entre os sexos ($\chi^2 = 2,13$, inferior ao valor crítico de 3,84).

Apesar da razão sexual enviesada a favor do sexo masculino durante praticamente toda a noite, é possível notar na Figura 54 um padrão interessante de proporções de machos ligeiramente menores nos horários iniciais e finais da noite (excetuando-se o I24: 05:30h – 06:00h, que representa um pico de machos). Estes dois momentos estão separados pelo período entre 21:00h e 03:00h, quando as taxas de machos se mantiveram razoavelmente estáveis em valores mais altos.

Com o objetivo de auxiliar na interpretação deste padrão, elaborou-se o gráfico da Figura 55, que mostra a flutuação dos valores de abundância absoluta de machos e fêmeas separadamente ao longo da noite. Este gráfico revela que a tendência de diminuição na abundância dos esfingídeos com o passar da noite, descrita anteriormente com base na Figura 28, aplica-se exclusivamente aos machos, enquanto as fêmeas exibiram um padrão distinto de flutuação. A abundância muito superior de machos, no entanto, oculta a tendência exibida pelas fêmeas no caso da não separação dos sexos.

As fêmeas apresentaram um momento de maior abundância no início da noite e sofreram uma queda entre 20:30h e 21:00h (Fig. 55). Porém, diferentemente dos machos, a partir deste momento se mantiveram estáveis e até voltaram a aumentar ligeiramente sua abundância ao final do período amostral, entre 03:00h e 05:30h (com um pico no I19: 03:00h – 03:30h). A ocorrência dos valores mais baixos de abundância de machos

concomitantemente a este pequeno aumento das fêmeas foi responsável pelas menores proporções de machos, que foram observadas nos últimos intervalos e resultaram na razão sexual não estatisticamente diferente de 1:1 entre 05:00h e 05:30h (momento em que as linhas dos sexos mais se aproximam na Figura 55).

Assim como no presente estudo, muitos levantamentos de Sphingidae no Brasil resultaram em razões sexuais fortemente enviesadas a favor dos machos. MOTTA *et al.* (1998), DUARTE & SCHLINDWEIN (2005, 2008), MOTTA & XAVIER-FILHO (2005), CRUZ-NETO *et al.* (2011) e PRIMO *et al.* (2013) obtiveram, respectivamente, as proporções de 2,8; 4,9; 4,1; 3,7; 2,9 e 7,7 machos por fêmea. Sabe-se que os esfingídeos apresentam razão sexual 1:1 nas fases larval e pupal (JANZEN, 1984; KITCHING & CADIOU, 2000), o que sugere que a predominância significativa de machos entre os indivíduos que chegam às lâmpadas não se deve a uma diferença real entre os sexos na população adulta, e sim a uma maior eficácia da armadilha luminosa sobre o sexo masculino.

Este viés na razão sexual amostrada provavelmente tem relação com diferenças comportamentais entre os sexos. JANZEN (1984) sugere que os machos precisariam voar maiores distâncias, e preferencialmente em linha reta, na busca por feromônios liberados por fêmeas receptivas, enquanto as fêmeas se limitariam a voos mais curtos em busca de plantas para se alimentar e colocar ovos. O autor também afirma que os esfingídeos não teriam necessidade de voar a esmo durante a busca por alimento, já que seriam capazes de memorizar o caminho até as plantas nas quais se alimentam, utilizando para isso referenciais visuais próximos. Este fato os tornaria praticamente imunes à atração pela luz ao voarem com este fim. Assim, além da maior probabilidade de se aproximarem da armadilha luminosa por percorrerem maiores distâncias, os machos ainda seriam mais facilmente atraídos por ela devido ao uso de referenciais distantes como a lua ou estrelas (ou, inadvertidamente, uma fonte de luz artificial) para possibilitar o voo em linha reta e aumentar suas chances de encontrar parceiras reprodutivas.

A hipótese de que machos seriam mais suscetíveis à atração pela luz devido ao comportamento de busca ativa por fêmeas parece plausível e é concordante com o aumento da eficácia de armadilhas luminosas durante a ocorrência de chuva ou neblina (ver a seção 1.5 de Resultados e Discussão). Nestes momentos, indivíduos de ambos os sexos que estivessem realizando outras atividades, sem a necessidade de um referencial visual distante para voo em linha reta, ficariam desorientados e também seriam atraídos pela luz.

A existência de uma alta capacidade de memorização em Sphingidae, principal argumento sugerido por JANZEN (1984) a favor da não utilização de pontos de referência distantes durante a busca por alimento, no entanto, não foi corroborada pelos experimentos

realizados por RAGUSO & WILLIS (2005) com *Manduca sexta*. Estes autores, porém, não descartaram completamente uma possível capacidade de aprendizado espacial nos esfingídeos. Independentemente da existência ou não desta capacidade, sabe-se que os esfingídeos também se guiam por odores liberados pelas plantas para chegar até elas (WILLIS & ARBAS, 1991; RAGUSO & WILLIS, 2005), de forma que as mariposas provavelmente deixam de estar suscetíveis à atração por luz artificial após identificarem uma “pista” odorífera. Pode-se supor que esfingídeos (de qualquer sexo) voando em linha reta à procura de odores provenientes de plantas nas quais possam se alimentar tendam a encontrá-los com mais facilidade do que machos encontram feromônios liberados por fêmeas receptivas, de forma que estes últimos teriam maior probabilidade de serem atraídos por uma armadilha luminosa.

Tomando-se como verdadeira a explicação de que machos são atraídos pela luz em abundância muito superior devido ao comportamento de busca por parceiras reprodutivas, a Figura 55 pode ser vista como uma indicação de que, com o avançar da noite, uma quantidade decrescente de machos estaria à procura de feromônios liberados por fêmeas. Esta diminuição é esperada caso se admita que um macho, após encontrar uma fêmea e copular, não mais busque parceiras na mesma noite (WOODS & STEVENSON, 1996, relataram que a cópula de *Manduca sexta* dura em média três horas, o que tornaria improvável que um macho copulasse mais de uma vez na mesma noite). Por outro lado, a relativa estabilidade na abundância de fêmeas chegando às lâmpadas durante toda a noite pode indicar que os esfingídeos não reduzem o comportamento de busca por alimento com o passar da noite.

É importante ressaltar que a Figura 55 e as suposições acima apresentadas referem-se aos esfingídeos na totalidade, sem distinção entre as espécies. Estes padrões, portanto, talvez se apliquem à maioria das espécies da EBB, mas sem dúvida existem peculiaridades específicas relacionadas a diferenças de horário de atividade entre os sexos que permanecem ocultas em um gráfico de abundância total dos esfingídeos. Gráficos individuais das espécies coletadas na EBB durante este estudo, distinguindo a abundância de machos e fêmeas ao longo da noite, estão disponíveis no Apêndice.

Tabela 5. Total de indivíduos coletados de cada sexo, razão sexual (machos por fêmea) e resultados dos testes de qui-quadrado realizados para verificar se a proporção entre os sexos foi significativamente diferente da razão 1:1. Resultados relativos aos Sphingidae como um todo e às subfamílias separadamente.

Táxon	Total	Machos	Fêmeas	Razão sexual	Qui-quadrado	
					χ^2	<i>p</i>
SPHINGIDAE	2.509	2.214	295	7,5	1.467,74	< 0,01
Macroglossinae	1.618	1.424	194	7,3	935,04	< 0,01
Smerinthinae	387	355	32	11,1	269,58	< 0,01
Sphinginae	504	435	69	6,3	265,79	< 0,01

Tabela 6. Total de indivíduos coletados de cada sexo, razão sexual (machos por fêmea) e resultados dos testes de qui-quadrado realizados para verificar se a proporção entre os sexos foi significativamente diferente da razão 1:1. Resultados relativos às espécies separadamente, que estão listadas em ordem decrescente de abundância. As espécies com predominância significativa de machos estão indicadas por asterisco.

Espécie	Total	Machos	Fêmeas	Razão sexual	Qui-quadrado	
					χ^2	<i>p</i>
<i>Adhemarius eurysthene</i> *	306	280	26	10,8	210,84	< 0,01
<i>Xylophanes thyelia thyelia</i> *	220	211	9	23,4	185,47	< 0,01
<i>Manduca florestan</i> *	168	142	26	5,5	80,1	< 0,01
<i>Eumorpha obliquus orientis</i> *	157	140	17	8,2	96,36	< 0,01
<i>Erinnyis oenotrus</i> *	149	99	50	2	16,11	< 0,01
<i>Erinnyis ello ello</i> *	124	91	33	2,8	27,13	< 0,01
<i>Manduca brasiliensis</i> *	121	114	7	16,3	94,62	< 0,01
<i>Xylophanes chiron nechus</i> *	106	100	6	16,7	83,36	< 0,01
<i>Xylophanes titana</i> *	105	102	3	34	93,34	< 0,01
<i>Erinnyis alope alope</i> *	97	91	6	15,2	74,48	< 0,01
<i>Xylophanes aglaor</i> *	91	88	3	29,3	79,4	< 0,01
<i>Xylophanes tersa tersa</i> *	90	71	19	3,7	30,04	< 0,01
<i>Perigonia stulta</i> *	85	85	0	-	85	< 0,01
<i>Agrius cingulata</i> *	83	68	15	4,5	33,84	< 0,01
<i>Callionima nomius</i> *	66	66	0	-	66	< 0,01
<i>Adhemarius gannascus</i> *	57	55	2	27,5	49,28	< 0,01
<i>Xylophanes ceratomioides</i> *	43	42	1	42	39,09	< 0,01
<i>Pseudosphinx tetrio</i>	38	25	13	1,9	3,79	0,052
<i>Manduca lichenea</i> *	32	30	2	15	24,5	< 0,01
<i>Eumorpha analis</i> *	31	28	3	9,3	20,16	< 0,01
<i>Nyceryx nictitans nictitans</i> *	30	26	4	6,5	16,13	< 0,01
<i>Xylophanes xylobotes</i> *	28	26	2	13	20,57	< 0,01
<i>Cocytius duponchel</i> *	25	20	5	4	9	< 0,01
<i>Manduca diffissa petuniae</i> *	23	17	6	2,8	5,26	0,022
<i>Callionima parce</i> *	21	19	2	9,5	13,76	< 0,01
<i>Cocytius lucifer</i> *	21	18	3	6	10,71	< 0,01
<i>Xylophanes isaon</i> *	19	19	0	-	19	< 0,01

Tabela 6. Continuação.

Espécie	Total	Machos	Fêmeas	Razão sexual	Qui-quadrado
<i>Nyceryx continua continua</i> *	17	15	2	7,5	9,94 < 0,01
<i>Pachylioides resumens</i>	16	10	6	1,7	1 0,317
<i>Manduca dalica anthina</i> *	14	13	1	13	10,29 < 0,01
<i>Xylophanes porcus continentalis</i> *	13	13	0	-	13 < 0,01
<i>Pachylia ficus</i>	11	7	4	1,8	0,82 0,366
<i>Eumorpha translineatus</i> *	10	9	1	9	6,4 0,011
<i>Protambulyx strigilis</i>	10	8	2	4	3,6 0,058
<i>Enyo ocypete</i> *	8	8	0	-	8 < 0,01
<i>Eumorpha anchemolus</i>	8	6	2	3	2 0,157
<i>Neococytius cluentius</i>	8	6	2	3	2 0,157
<i>Adhemarius daphne daphne</i>	6	4	2	2	0,67 0,414
<i>Protambulyx eurycles</i> *	4	4	0	-	4 0,046
<i>Cocytius beelzebuth</i>	4	3	1	3	1 0,317
<i>Erinnyis crameri</i>	4	3	1	3	1 0,317
<i>Erinnyis lassauxii</i>	4	3	1	3	1 0,317
<i>Callionima inuus</i>	3	3	0	-	3 0,083
<i>Perigonia passerina</i>	3	3	0	-	3 0,083
<i>Xylophanes pistacina</i>	3	3	0	-	3 0,083
<i>Hemeroplanes triptolemus</i>	3	2	1	2	0,33 0,564
<i>Enyo lugubris lugubris</i>	3	0	3	0	3 0,083
<i>Adhemarius palmeri</i>	2	2	0	-	2 0,157
<i>Cocytius antaeus</i>	2	2	0	-	2 0,157
<i>Orecta lycidas lycidas</i>	2	2	0	-	2 0,157
<i>Xylophanes marginalis</i>	2	2	0	-	2 0,157
<i>Erinnyis obscura obscura</i>	1	1	0	-	1 0,317
<i>Hemeroplanes longistriga</i>	1	1	0	-	1 0,317
<i>Hyles euphorbiarum</i>	1	1	0	-	1 0,317
<i>Isognathus australis</i>	1	1	0	-	1 0,317
<i>Madoryx plutonius plutonius</i>	1	1	0	-	1 0,317
<i>Manduca incisa</i>	1	1	0	-	1 0,317
<i>Manduca lefeburii lefeburii</i>	1	1	0	-	1 0,317
<i>Perigonia lusca lusca</i>	1	1	0	-	1 0,317
<i>Xylophanes indistincta</i>	1	1	0	-	1 0,317
<i>Xylophanes loelia</i>	1	1	0	-	1 0,317
<i>Amphimoea walkeri</i>	1	0	1	0	1 0,317
<i>Enyo gorgon</i>	1	0	1	0	1 0,317
<i>Eumorpha labruscae labruscae</i>	1	0	1	0	1 0,317

Tabela 7. Total de indivíduos coletados de cada sexo, razão sexual (machos por fêmea) e resultados dos testes de qui-quadrado realizados para verificar se a proporção entre os sexos foi significativamente diferente da razão 1:1. Resultados por mês de amostragem.

Mês	Total	Machos	Fêmeas	Razão sexual	Qui-quadrado	
					χ^2	<i>p</i>
Julho 2012	48	46	2	23	40,33	< 0,01
Agosto 2012	102	89	13	6,8	56,63	< 0,01
Setembro 2012	302	266	36	7,4	175,17	< 0,01
Outubro 2012	180	156	24	6,5	96,8	< 0,01
Novembro 2012	479	408	71	5,7	237,1	< 0,01
Dezembro 2012	176	152	24	6,3	93,09	< 0,01
Janeiro 2013	383	334	49	6,8	212,08	< 0,01
Fevereiro 2013	126	118	8	14,8	96,03	< 0,01
Março 2013	235	219	16	13,7	175,36	< 0,01
Abril 2013	327	287	40	7,2	186,57	< 0,01
Mai 2013	108	99	9	11	75	< 0,01
Junho 2013	43	40	3	13,3	31,84	< 0,01

Figura 54. Razão sexual (machos por fêmea) por horário de coleta (em intervalos de meia hora de duração). I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

Figura 55. Flutuações na abundância de machos e de fêmeas ao longo da noite, em intervalos de meia hora de duração. I1: 18:00h – 18:30h; I2: 18:30h – 19:00h; I3: 19:00h – 19:30h; I4: 19:30h – 20:00h; I5: 20:00h – 20:30h; I6: 20:30h – 21:00h; I7: 21:00h – 21:30h; I8: 21:30h – 22:00h; I9: 22:00h – 22:30h; I10: 22:30h – 23:00h; I11: 23:00h – 23:30h; I12: 23:30h – 00:00h; I13: 00:00h – 00:30h; I14: 00:30h – 01:00h; I15: 01:00h – 01:30h; I16: 01:30h – 02:00h; I17: 02:00h – 02:30h; I18: 02:30h – 03:00h; I19: 03:00h – 03:30h; I20: 03:30h – 04:00h; I21: 04:00h – 04:30h; I22: 04:30h – 05:00h; I23: 05:00h – 05:30h; I24: 05:30h – 06:00h.

2. Comparações com dados antigos da EBB e com outros levantamentos de Sphingidae

2.1. Análise crítica da lista de espécies de esfingídeos da EBB (DUARTE *et al.*, 2008) e panorama da comunidade de 1940 até 2013

DUARTE *et al.* (2008) listaram as espécies de esfingídeos coletadas na Estação Biológica de Boraceia entre 1940, quando tiveram início as pesquisas biológicas no local, e 2004. De acordo com os autores, neste período foram coletados 2.064 indivíduos, número inferior ao obtido durante o presente estudo, 2.509.

Notaram-se, porém, algumas incongruências analisando-se a lista de DUARTE *et al.* (2008) e os próprios espécimes a que ela se refere, que estão disponíveis no acervo do MZUSP. Em primeiro lugar, a lista traz a espécie *Pachylia syces syces* (Hübner, [1819]) como uma das já registradas na EBB, afirmando que apenas um indivíduo desta espécie foi coletado no local. O suposto indivíduo, porém, não está presente na coleção do MZUSP nem consta no acervo digitalizado da mesma, de forma que isto deve se tratar de um erro na elaboração da lista e esta espécie provavelmente nunca foi registrada na EBB. Outra questão refere-se ao gênero *Callionima*. Analisando-se os indivíduos de *Callionima parce* provenientes da EBB, notou-se que dois deles estavam erroneamente identificados, sendo, na verdade, exemplares de *Callionima falcifera falcifera*. Esta espécie, porém, não consta na lista, devendo ser mencionada como mais uma entre as espécies com registro na EBB. Por fim, algo semelhante ocorreu no gênero *Manduca*: todos os espécimes oriundos da EBB identificados como *Manduca lucetius* (Cramer, 1780) se tratavam na realidade de exemplares de *M. contracta*, de forma que, na lista, a primeira espécie deve ser substituída pela segunda.

De acordo com DUARTE *et al.* (2008), e levando-se em conta as correções acima citadas, 75 espécies de esfingídeos foram registradas na EBB até 2004 (último ano em que houve coleta de Sphingidae até a publicação de DUARTE *et al.*, 2008). Verificando-se, porém, as listas de exemplares de esfingídeos provenientes da EBB das coleções da Universidade Federal do Paraná (SPECIESLINK, 2011) e do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Alexandre Soares, comunicação pessoal), foi constatada a existência de três espécies não citadas por DUARTE *et al.* (2008), cujos únicos espécimes coletados na EBB até 2004 foram depositados nestas duas coleções. Tratam-se de dois exemplares de *Orecta lycidas lycidas* (um depositado na UFPR e o outro no Museu Nacional), um de *Hemeroplanes triptolemus* e um de *Perigonia lusca lusca* (os dois do Museu Nacional). Atualmente, porém, a coleção do MZUSP já conta com exemplares destas três espécies provenientes da EBB: de 2004 até hoje foram coletados no local quatro indivíduos de *O. l. lycidas* (dois em coletas para

fins didáticos realizadas em setembro de 2008 e dois em amostragens do presente estudo), três de *H. triptolemus* e um de *P. l. lusca* (estes últimos em coletas deste trabalho).

As expedições do presente estudo resultaram ainda na captura de três espécies nunca antes registradas na EBB, das quais se coletou apenas um indivíduo de cada: *Enyo gorgon*, *Isognathus australis* e *Manduca lefeburii lefeburii*. Somando-se, assim, as espécies citadas por DUARTE *et al.* (2008) (considerando-se as correções aqui feitas a esta lista) a todas as outras cuja ocorrência na Estação nunca foi mencionada na literatura, obtém-se um total de 81 espécies de esfingídeos já registradas na EBB (valor bastante próximo ao resultado fornecido pelo estimador de riqueza Jackknife a partir dos dados coletados neste estudo, como já mencionado na seção 1.2 de Resultados e Discussão). A lista com todas as espécies pode ser consultada no Apêndice.

Se, por um lado, três espécies de Sphingidae coletadas nas expedições deste trabalho corresponderam a novos registros para a EBB, por outro lado, um número expressivo de espécies com registros antigos para a Estação não foi amostrado na campanha do presente estudo. Isto se aplica a 17 espécies, a saber: *Adhemarius gagarini*, *Aellopos fadus*, *Aellopos t. titan*, *Callionima f. falcifera*, *Eumorpha f. fasciatus*, *Eumorpha megaeacus*, *Hemeroplanes ornatus*, *Isognathus c. caricae*, *Lintneria justiciae* (nome válido atualmente para *Sphinx justiciae*, como consta na lista de DUARTE *et al.*, 2008), *Manduca albiplaga*, *Manduca contracta*, *Manduca hannibal hamilcar*, *Manduca r. rustica*, *Manduca sexta paphus*, *Nyceryx coffaeae*, *Xylophanes pluto* e *Xylophanes s. schausi*. A maioria destas espécies é representada no acervo do MZUSP por um número muito pequeno de exemplares provenientes da EBB (de um a cinco indivíduos), sendo provavelmente raras nesta localidade, mas outras foram um pouco mais abundantes em coletas realizadas no passado, como é o caso de *E. f. fasciatus*, *L. justiciae*, *M. contracta*, *X. pluto* e *M. r. rustica* (que possuem, respectivamente, 19, 19, 13, 13 e 12 indivíduos já coletados na EBB). É digno de nota, portanto, que tais espécies não tenham sido representadas por um indivíduo sequer entre os 2.509 coletados neste estudo.

Da mesma forma como ocorreu no presente trabalho, nos dados contabilizados por DUARTE *et al.* (2008) as duas únicas espécies com ocorrência para todos os meses do ano na EBB foram *Adhemarius eurysthenes* e *Xylophanes t. thyelia*. A Tabela 8, elaborada levando-se em conta todos os esfingídeos já coletados na EBB, revela que, conjugando-se os resultados das coletas recentes às informações de ocorrência das espécies desde 1940, outras espécies além das duas citadas acima já foram registradas em todos os meses do ano na Estação. Tratam-se das oito a seguir: *Adhemarius gannascus*, *Cocytius duponchel*, *Erinnyis a. alope*, *Erinnyis crameri*, *Neococytius cluentius*, *Perigonia stulta*, *Xylophanes aglaor* e *Xylophanes chiron nechus*.

Algumas outras espécies, embora não tenham ocorrência confirmada para todos os meses do ano, muito provavelmente estão continuamente presentes como imagos na EBB, já que não possuem registro somente para um mês (por exemplo, *Callionima nomius* e *Agrius cingulata*, sem ocorrência apenas para junho, e *Manduca florestan*, sem ocorrência apenas para setembro) ou para apenas dois meses não consecutivos (por exemplo, *Nyceryx n. nictitans*, sem registro apenas para abril e junho, e *Pseudosphinx tetrio*, sem registro apenas para junho e dezembro) (Tab. 8). Nesta linha de raciocínio, pode-se fazer uma estimativa de que, das 81 espécies de Sphingidae já coletadas na EBB, pelo menos 18 se reproduzem ininterruptamente ao longo do ano (multivoltinas). Estas espécies, assim como descrito para alguns esfingídeos da Costa Rica (JANZEN, 1984), provavelmente apresentam populações reduzidas durante o inverno.

A Figura 56 (ver também Tab. 8) mostra que um número consideravelmente menor de espécies tem registro para os meses mais frios e secos, principalmente maio, junho e julho, do que para o restante do ano. Junho, em especial, parece ser um momento do ciclo anual da EBB em que uma quantidade muito baixa de espécies de Sphingidae encontra-se com indivíduos adultos em suas populações: apenas 18 espécies (menos de um quarto da riqueza contabilizada para o local) tem registro para este mês. Este resultado é concordante com as constatações feitas a partir das coletas realizadas no presente estudo, que resultaram na menor riqueza mensal tendo sido registrada justamente para o mês de junho (Fig. 7). À exceção de dezembro, os meses de setembro a fevereiro possuem as maiores quantidades de registros de espécies (50 ou mais) (Fig. 56). É possível que o número surpreendentemente baixo de espécies com ocorrência para dezembro seja consequência de que, historicamente, um esforço amostral inferior tenha sido realizado neste mês, não significando, de fato, uma menor quantidade de espécies presentes como adultos.

Outros estudos com esfingídeos no Brasil também constataram abundâncias e riquezas inferiores nos meses mais secos (FERREIRA *et al.*, 1986; LAROCA *et al.*, 1989; DARRAULT & SCHLINDWEIN, 2002; DUARTE & SCHLINDWEIN, 2005; AMORIM *et al.*, 2009; PRIMO *et al.*, 2013). Este padrão é provavelmente decorrente de muitas espécies passarem este período na forma de pupa, em diapausa (JANZEN, 1984; MARTIN *et al.*, 2011), até que os adultos venham a emergir, com a chegada dos meses mais úmidos e quentes.

Estudos recentes, como os compilados por SAUNDERS (2011) e GOTO (2013), têm chamado atenção para a importância do fotoperiodismo na indução e término do período de dormência em muitas espécies de insetos. DANKS (2007), porém, ressalta que, embora este fator seja o mais bem conhecido, diversas outras variáveis ambientais, como intensidade de

luz, temperatura e umidade, têm papel importante no controle da sazonalidade de insetos, muitas vezes sendo necessária uma combinação de fatores.

No caso dos esfingídeos, é improvável que mudanças no fotoperíodo atuem no sentido de encerrar a diapausa pupal e provocar a emergência do adulto, já que grande parte das espécies empupa em câmaras subterrâneas (MARTIN *et al.*, 2011; DUARTE *et al.*, 2012). Além disso, WOLDA (1988) afirma que, em ambientes tropicais, é comum que um aumento de umidade/precipitação sirva como gatilho para o início da atividade sazonal de insetos, já que temperatura e fotoperíodo costumam apresentar diferenças relativamente tênues entre inverno e verão. Em concordância com estas informações, alguns trabalhos com esfingídeos (HABER & FRANKIE, 1989; PRIMO *et al.*, 2013) e com grupos mais abrangentes de mariposas (SMYTHE, 1996; SILVA *et al.*, 2011) registraram os maiores picos de riqueza e/ou abundância coincidindo com as primeiras chuvas da estação úmida. Da mesma forma, no presente estudo, a amostragem de novembro, primeiro mês da estação úmida na EBB (Fig. 24), resultou nas maiores abundância (479 indivíduos, com grande diferença em relação a janeiro, mês de segunda maior abundância) e riqueza (40 espécies, mesmo valor de janeiro).

Todo o esforço amostral já realizado na EBB, compreendendo desde as primeiras coletas em 1940 até as expedições do presente estudo, resultou no total de 4.686 esfingídeos coletados e depositados no MZUSP (embora nem todos tenham sido tombados). Levando-se em conta apenas os esfingídeos coletados na EBB entre 1940 e 2004 (DUARTE *et al.*, 2008), *Xylophanes t. thyelia* foi a espécie mais abundante, enquanto na amostragem realizada neste trabalho *Adhemarius eurysthenes* foi a mais abundante, seguida por *X. t. thyelia*. Considerando-se, por fim, o conjunto de todas as coletas já realizadas no local, *A. eurysthenes* foi a espécie mais abundante (464 indivíduos coletados, ou 9,9% da abundância total), novamente seguida de *X. t. thyelia* (418 indivíduos ou 8,9%). Estas duas espécies se destacam muito como as mais abundantes, já que as seguintes na sequência são representadas por abundâncias consideravelmente inferiores: *Erinnyis oenotrus* possui 279 indivíduos (6% da abundância total) e *Eumorpha obliquus orientis*, 242 (5,2%).

Chama atenção o fato de que, das 81 espécies de esfingídeos já registradas na Estação, grande quantidade foi extremamente rara na amostragem. Por exemplo, 25 espécies estão representadas por quatro ou menos indivíduos coletados na EBB (ou seja, cada uma delas representa menos de 0,01% da abundância de esfingídeos provenientes do local). Em dados de porcentagem, esta constatação significa que 31% da riqueza de esfingídeos já amostrada na EBB totaliza 1,1% da abundância coletada na Estação. Entre estas espécies de baixa amostragem, oito encontram-se na situação extrema de apenas um indivíduo coletado: *Enyo gorgon*, *Isognathus australis* e *Manduca l. lefeburii*, registradas apenas nas coletas do

presente estudo, e *Adhemarius gagarini*, *Hemeroplanes ornatus*, *Isognathus c. caricae*, *Manduca hannibal hamilcar* e *Xylophanes s. schausi*, que foram amostradas uma única vez, nas décadas de 1940 ou 1950, e desde então nunca mais coletadas na Estação. Algumas outras espécies também eram representadas por um único exemplar coletado na EBB há décadas, mas voltaram a ser registradas em coletas de 2012 ou 2013. Alguns exemplos são *Amphimoea walkeri* (um indivíduo coletado em fevereiro de 1948 e outro em novembro de 2012), *Madoryx p. plutonius* (um exemplar de março de 1958 e outro de fevereiro de 2013) e *Xylophanes indistincta* (um exemplar de julho de 1949 e outro de outubro de 2012).

A baixa frequência com que algumas espécies são amostradas em armadilhas luminosas, porém, não pode ser tomada como garantia absoluta de que sejam raras na localidade de coleta. Por motivos desconhecidos, certas espécies de Sphingidae, mesmo que noturnas, parecem ser pouco influenciadas pela luz artificial (JANZEN, 1984; KITCHING & CADIOU, 2000). Estes autores citam exemplos de espécies que, em coletas na Costa Rica e na Guiana Francesa, foram raramente atraídas por luz artificial, mas amostradas abundantemente a partir de larvas coletadas nas plantas hospedeiras e criadas em cativeiro até a fase adulta. Tal raciocínio, porém, pode ser contestado, já que a retirada dos imaturos da natureza presumivelmente os protege de predadores e parasitoides, provavelmente resultando em uma taxa de emergência de adultos superior à que ocorre em meio natural. De qualquer forma, a despeito da possível invalidez do argumento destes autores, é importante levar em consideração que a coleta por armadilha luminosa, apesar de inegavelmente prática e eficiente na amostragem de mariposas, talvez não possibilite a plena compreensão de uma comunidade de Sphingidae.

Além disso, alguns esfingídeos brasileiros são exclusivamente diurnos e/ou crepusculares (MARTIN *et al.*, 2011, citam como exemplos os gêneros *Aellopos* e *Eupyrrhoglossum*), sendo muito difícil, ou mesmo impossível, capturá-los em armadilhas luminosas. O gênero *Aellopos* tem ocorrência confirmada na EBB, mas seu registro limita-se a sete indivíduos coletados entre 1958 e 1969, provavelmente por métodos diferentes da atração por luz (há indicações neste sentido, embora o método de coleta utilizado não conste nas etiquetas dos espécimes em questão).

Dessa forma, embora o robusto esforço de coleta de Sphingidae realizado até hoje na EBB tenha permitido a construção de um bom panorama da comunidade destes lepidópteros no local, a futura aplicação de métodos alternativos de coleta (como a coleta ativa diurna de adultos e larvas ou mesmo a utilização de armadilha Malaise), preferencialmente com amostragens padronizadas ao longo do ano, é importante para preencher algumas lacunas ainda existentes no conhecimento da diversidade de Sphingidae da EBB.

Tabela 8. Meses em que foi registrada cada espécie de esfingídeo na Estação Biológica de Boraceia (coletas de 1940 a 2013).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Macroglossinae: Dilophonotini												
<i>Aellopos fadus</i>	X											
<i>Aellopos titan titan</i>	X									X	X	X
<i>Callionima falcifera falcifera</i>	X							X				
<i>Callionima inuus</i>	X	X	X	X			X	X	X			
<i>Callionima nomius</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Callionima parce</i>	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
<i>Enyo gorgon</i>					X							
<i>Enyo lugubris lugubris</i>	X	X			X		X	X	X	X	X	X
<i>Enyo ocypete</i>	X	X	X				X	X	X	X	X	
<i>Erinnyis alope alope</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Erinnyis crameri</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Erinnyis ello ello</i>	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
<i>Erinnyis lassauxii</i>			X	X		X	X	X	X		X	
<i>Erinnyis obscura obscura</i>				X	X	X			X	X	X	X
<i>Erinnyis oenotrus</i>	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
<i>Hemeroplanes longistriga</i>	X		X				X				X	
<i>Hemeroplanes ornatus</i>												X
<i>Hemeroplanes triptolemus</i>				X		X			X		X	
<i>Isognathus australis</i>				X								
<i>Isognathus caricae caricae</i>									X			

Tabela 8. Continuação.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<i>Madoryx plutonius plutonius</i>		X	X									
<i>Nyceryx coffaeae</i>			X									X
<i>Nyceryx continua continua</i>	X	X	X	X	X			X	X	X	X	
<i>Nyceryx nictitans nictitans</i>	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
<i>Pachylia ficus</i>	X		X					X	X	X	X	X
<i>Pachylioides resumens</i>	X	X	X	X				X	X	X	X	X
<i>Perigonia lusca lusca</i>					X							
<i>Perigonia passerina</i>	X	X						X	X	X		
<i>Perigonia stulta</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudosphinx tetrio</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
Macroglossinae: Macroglossini												
<i>Hyles euphorbiarum</i>			X						X			
<i>Xylophanes aglaor</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Xylophanes ceratomioides</i>	X	X	X	X				X	X	X	X	X
<i>Xylophanes chiron nechus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Xylophanes indistincta</i>							X			X		
<i>Xylophanes isaon</i>	X	X	X					X	X	X	X	
<i>Xylophanes loelia</i>				X					X			
<i>Xylophanes marginalis</i>									X	X		
<i>Xylophanes pistacina</i>									X		X	X
<i>Xylophanes pluto</i>	X					X	X	X	X	X	X	

Tabela 8. Continuação.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<i>Xylophanes porcus continentalis</i>	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
<i>Xylophanes schausi schausi</i>			X									
<i>Xylophanes tersa tersa</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Xylophanes thyelia thyelia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Xylophanes titana</i>	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
<i>Xylophanes xylobotes</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Macroglossinae: Philampelini												
<i>Eumorpha analis</i>	X	X	X	X							X	X
<i>Eumorpha anchemolus</i>	X	X		X			X		X	X	X	X
<i>Eumorpha fasciatus fasciatus</i>	X	X			X					X	X	X
<i>Eumorpha labruscae labruscae</i>							X	X	X		X	X
<i>Eumorpha megaeacus</i>		X	X								X	
<i>Eumorpha obliquus orientis</i>	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
<i>Eumorpha translineatus</i>	X	X										X
Smerinthinae: Ambulycini												
<i>Adhemarius daphne daphne</i>		X		X	X	X				X	X	
<i>Adhemarius eurysthenes</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Adhemarius gagarini</i>		X										
<i>Adhemarius gannascus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Adhemarius palmeri</i>	X			X								
<i>Orecta lycidas lycidas</i>	X								X			

Tabela 8. Continuação.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<i>Protambulyx eurycles</i>	X	X		X	X			X		X	X	X
<i>Protambulyx strigilis</i>	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X
Sphinginae: Acherontiini												
<i>Agrius cingulata</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Sphinginae: Sphingini												
<i>Amphimoea walkeri</i>		X									X	
<i>Cocytius antaeus</i>						X	X	X	X	X		
<i>Cocytius beelzebuth</i>	X							X	X		X	X
<i>Cocytius duponchel</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cocytius lucifer</i>		X	X	X			X	X	X	X		
<i>Lintneria justiciae</i>		X	X	X							X	X
<i>Manduca albiplaga</i>	X	X										
<i>Manduca brasiliensis</i>	X	X	X	X				X	X	X	X	X
<i>Manduca contracta</i>	X	X							X	X		
<i>Manduca dalica anthina</i>	X	X	X		X					X	X	X
<i>Manduca diffissa petuniae</i>	X	X	X	X	X				X	X	X	X
<i>Manduca florestan</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
<i>Manduca hannibal hamilcar</i>							X					
<i>Manduca incisa</i>									X	X		
<i>Manduca lefeburii lefeburii</i>										X		
<i>Manduca lichenea</i>								X	X	X	X	

Tabela 8. Continuação.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<i>Manduca rustica rustica</i>	X		X					X		X	X	
<i>Manduca sexta paphus</i>		X	X						X		X	
<i>Neococytius cluentius</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 56. Número de espécies de Sphingidae com registro para cada mês na Estação Biológica de Boraceia (coletas de 1940 a 2013).

2.2. Comparações entre as campanhas 1948-1950 e 2012-2013

Uma comparação entre as riquezas obtidas em duas diferentes campanhas de coleta pode ser realizada por meio da construção de curvas de rarefação por indivíduo (GOTELLI & COLWELL, 2001), nas quais se subentende que todos os indivíduos capturados (no caso deste trabalho, atraídos pela armadilha luminosa) foram identificados e incluídos na análise. Embora não se tenha garantia de que todos os indivíduos que chegaram às lâmpadas na campanha 1948-1950 na EBB tenham, de fato, sido coletados e depositados no MZUSP, a grande semelhança entre os diagramas de Whittaker das duas campanhas (Fig. 57) sugere que tal fato possa ser tomado como verdadeiro. A linha tracejada (campanha 2012-2013) representa um diagrama de Whittaker produzido a partir da coleta de todos os espécimes atraídos pela luz. Assim, outra curva com forma tão semelhante, como é o caso do diagrama da campanha 1948-1950 (linha contínua), provavelmente resultou da mesma metodologia de campo. Se, contrariamente, houvesse ocorrido coleta arbitrária na campanha antiga, com escolha de determinados espécimes a serem sacrificados, esperar-se-ia que seu diagrama de Whittaker mostrasse um equilíbrio maior entre as abundâncias relativas das espécies, já que

os indivíduos das espécies mais abundantes provavelmente não seriam invariavelmente coletados.

Na campanha realizada na EBB com coletas em todos os meses de janeiro de 1948 a março de 1950 foram coletados 877 esfingídeos, distribuídos em 18 gêneros e 62 espécies. O número consideravelmente menor de indivíduos em relação à campanha realizada durante o presente estudo, na qual foram coletados 2.509 exemplares em apenas 12 coletas mensais, provavelmente se deve a um esforço de coleta menor a cada mês (principalmente no sentido de um menor número de horas com as luzes acesas durante as noites), a uma menor eficiência da armadilha luminosa (já que provavelmente um número inferior de lâmpadas era utilizado) e ao fato de as noites de coleta nem sempre terem coincidido com o período de lua nova (TRAVASSOS FILHO & CAMARGO, 1958), ao passo que no presente trabalho todas as coletas foram realizadas durante esta fase lunar.

A Figura 58 mostra as curvas de amostragem de espécies por indivíduo geradas pelo método de rarefação a partir dos dados de cada uma das campanhas, além da extrapolação da curva da campanha 1948-1950 até atingir 2.509 indivíduos. Para possibilitar a comparação entre as riquezas elaborou-se também a Figura 59, que mostra os valores de riqueza de espécies de cada campanha, bem como os intervalos de confiança a 95%, na interpolação a 877 indivíduos (abundância obtida na campanha antiga) e na extrapolação a 2.509 indivíduos (abundância da campanha recente).

Na Figura 58 é possível observar que a campanha 1948-1950 apresenta riqueza superior em toda a extensão da sua curva (incluindo a parte obtida por simulação). A diferença de riqueza entre as campanhas é bastante alta na marca de 877 indivíduos (indicada no gráfico pela linha vertical tracejada), na qual a campanha antiga apresentou riqueza de 62 espécies (intervalo de confiança a 95% = $62 \pm 5,2$) e a campanha recente, 51,6 espécies (intervalo de confiança a 95% = $51,6 \pm 7,5$). Mesmo com esta diferença considerável entre as riquezas, houve uma pequena sobreposição entre os intervalos de confiança de cada curva (Fig. 59 – interpolação a 877 indivíduos), sugerindo que a diferença não pode ser considerada estatisticamente significativa. Na marca de 2.509 indivíduos (extremidade direita das curvas na Figura 58) a campanha antiga ainda apresentou riqueza superior, mas a distância entre as curvas foi menor, o que foi causado pela diferença de inclinação das curvas na parte mais à direita do gráfico. Neste ponto, a riqueza e o intervalo de confiança a 95% da campanha 1948-1950 (obtidos por extrapolação) foram de $68,8 \pm 10,5$, e da campanha 2012-2013 foram de $64 \pm 7,8$ (este valor de 64 espécies corresponde à riqueza real obtida nas coletas recentes). A diferença entre as riquezas evidentemente não pode ser considerada significativa, já que

houve uma grande sobreposição entre os intervalos de confiança (Fig. 59 – extrapolação a 2.509 indivíduos).

Estes resultados mostram que o acúmulo de espécies ocorreu de forma mais acentuada nas coletas de 1948-1950, já que, ao atingir a marca de 877 exemplares, um número razoavelmente superior de espécies havia sido amostrado naquela campanha do que na campanha do presente estudo. A extrapolação da curva de rarefação da campanha antiga, porém, sugere que, caso as coletas prosseguissem após o 877º indivíduo, esta curva tenderia a se estabilizar mais rapidamente do que a curva resultante da campanha 2012-2013, causando uma aproximação das duas e culminando em uma diferença pequena e claramente não significativa de riqueza entre as campanhas no momento da coleta do 2.509º esfingídeo. Pode-se concluir, portanto, que não houve alteração significativa na riqueza de espécies de esfingídeos da EBB de 1948 até 2013, embora em coletas na metade do século passado uma riqueza mais alta pudesse ser amostrada com um esforço de coleta menor.

A despeito da conclusão tirada a partir da semelhança entre os diagramas de Whittaker (Fig. 57, ver o primeiro parágrafo desta seção), também se pode considerar a hipótese de que tenha havido alguma seleção (ainda que pequena) de indivíduos a serem coletados na campanha 1948-1950, resultando na não inclusão de todos os espécimes atraídos pela luz na análise de rarefação. Esta possibilidade vem do fato de que a curva da campanha antiga (Fig. 58 – linha contínua) tenha crescido de forma mais acentuada, indicando um acúmulo mais rápido de espécies. Uma amostragem arbitrária, priorizando a coleta de indivíduos pertencentes a espécies menos abundantes ou até então não coletadas, pode ter favorecido a obtenção desta curva mais inclinada. Caso a curva de rarefação da campanha antiga realmente represente uma metodologia arbitrária de coleta, uma curva construída com todos os indivíduos que chegaram às lâmpadas entre 1948 e 1950 provavelmente apresentaria inclinação mais suave e se aproximaria da curva referente à campanha 2012-2013, aumentando ainda mais a sobreposição entre os intervalos de confiança das duas curvas. Este raciocínio, portanto, permite a manutenção da conclusão já exposta anteriormente de que não ocorreu mudança significativa na riqueza de espécies entre as duas campanhas.

As Figuras 60 e 61 ilustram a abundância relativa e a riqueza de cada uma das subfamílias de Sphingidae obtidas na EBB em cada campanha. Estes gráficos mostram que a estrutura geral da comunidade, ao menos no nível de subfamília, foi bastante semelhante entre as duas campanhas, com Macroglossinae predominante sobre as demais subfamílias (estando por volta de 65% tanto em abundância relativa quanto em número de espécies). Além disso, em ambos os casos Sphinginae ficou em segundo posto e Smerinthinae foi a subfamília menos abundante e rica em espécies.

Diferenças um pouco maiores podem ser notadas ao se comparar as abundâncias relativas dos gêneros mais abundantes nas duas campanhas (Fig. 62). Em ambos os casos, e com proporções semelhantes, *Xylophanes* foi o gênero mais abundante, mas *Eumorpha* foi o segundo mais abundante na campanha antiga (12,5% dos indivíduos coletados) e apenas quinto na campanha recente (8,3%), enquanto *Adhemarius*, de forma inversa, apresentou um aumento considerável na abundância relativa (de 9,4% para 14,8%). Outros gêneros com alterações notáveis na abundância relativa foram *Cocytius*, *Enyo* e *Neococytius*, proporcionalmente mais abundantes na campanha 1948-1950, e *Erinnyis* e *Manduca*, na situação contrária. Apenas um gênero amostrado na campanha antiga não foi coletado recentemente (*Lintneria*), mas cinco registrados em 2012 ou 2013 estiveram ausentes entre 1948 e 1950 (*Hemeroplanes*, *Hyles*, *Isognathus*, *Madoryx* e *Orecta*).

Se diferenças relativamente pequenas entre as campanhas foram notadas em termos de abundância e riqueza das subfamílias e gêneros, por outro lado diferenças maiores foram observadas ao se considerar abundância e composição de espécies. Das 75 espécies que foram coletadas somando-se a riqueza obtida nas duas campanhas, apenas 51 foram comuns a ambas – 11 espécies foram coletadas exclusivamente na campanha antiga e 13 na recente. O gênero *Manduca* sofreu grande alteração na composição de espécies entre as duas campanhas, já que quatro espécies (*M. albiplaga*, *M. contracta*, *M. r. rustica* e *M. sexta paphus*) foram registradas apenas na campanha antiga e duas (*M. incisa* e *M. l. lefeburii*) apenas na campanha deste estudo. Muitas das espécies com registro nas duas campanhas apresentaram diferenças consideráveis na abundância relativa. *Adhemarius eurysthenes*, por exemplo, que foi a segunda espécie mais abundante na campanha 1948-1950 (7,2% dos indivíduos coletados), teve um grande aumento na sua abundância relativa em 2012 e 2013, alcançando a proporção de 12,2% e tornando-se a espécie mais abundante (em substituição a *Xylophanes t. thyelia*). A espécie que sofreu maior alteração em seu valor de abundância relativa foi *Manduca florestan*, que na campanha antiga correspondeu a 1% dos esfingídeos coletados (apenas nove indivíduos) e na campanha recente atingiu a elevada proporção de 6,7% (168 indivíduos), tendo sido a terceira espécie mais abundante em 2012 e 2013. O mesmo fenômeno, embora de forma menos drástica, ocorreu para *Erinnyis e. ello* e *Manduca brasiliensis*, que aumentaram suas abundâncias relativas, respectivamente, de 1,8 para 4,9% e de 2,6 para 4,8%. *Eumorpha translineatus* e *Neococytius cluentius* são exemplos de espécies que diminuíram radicalmente sua representatividade da primeira para a segunda campanha, tendo passado de proporções entre 3,5 e 4% para menos de 0,5%.

A Figura 63 compara as riquezas de espécies totais obtidas por mês entre janeiro de 1948 e março de 1950 e as riquezas mensais da campanha realizada neste estudo. Houve, de

forma geral, bastante diferença entre os padrões resultantes de cada campanha. A semelhança mais evidente entre as duas campanhas foi a baixa riqueza registrada em junho, época do ano em que uma quantidade e diversidade muito pequena de esfingídeos da EBB encontra-se na fase adulta, como já discutido em detalhes na seção anterior. Chamam bastante atenção as riquezas totais de julho e agosto da campanha antiga, que foram surpreendentemente altas (agosto, juntamente com outubro, foi o mês de maior riqueza de espécies). Já na campanha recente estes dois meses apresentaram um resultado mais esperado para uma época do ano normalmente fria e seca: riquezas bastante baixas, superiores apenas à de junho. Outro contraste marcante ficou por conta de novembro, mês no qual se registrou uma riqueza muito alta na campanha 2012-2013, mas que ficou entre os meses de riquezas mais baixas na campanha 1948-1950.

Os dados de precipitação podem ser usados para explicar, até certo ponto, a variação na riqueza de espécies observada ao longo das campanhas (Figs. 64, 65). A campanha antiga (Fig. 64) mostrou, de janeiro a junho, um padrão razoavelmente esperado de flutuação nas riquezas mensais, com uma acentuada queda nos valores do início do ano até junho, o que parece estar relacionado com a diminuição da precipitação observada neste mesmo período (linha contínua). Como já mencionado, porém, os valores de riqueza sofreram um grande e inesperado aumento nos meses de julho e agosto. Na Figura 64 pode-se observar que este aumento é acompanhado por um crescimento no volume de chuva em tais meses (linha contínua), precipitação que foi consideravelmente acima da média para julho e agosto no período de 1940 a 1969 (linha tracejada). É provável, portanto, que o volume elevado e anormal de chuva nestes meses nos anos de 1948 e 1949 tenha provocado uma antecipação na emergência de muitos adultos, e espécies cuja ocorrência de imagos normalmente se inicia apenas em setembro ou outubro tenham sido coletadas já a partir da segunda metade do inverno. Já na campanha recente (Fig. 65), como já mencionado na seção 1.3.1 de Resultados e Discussão, os valores de riqueza foram baixos em julho e agosto, em conformidade com o pequeno volume de chuva registrado nestes meses.

A possibilidade de que a quantidade surpreendentemente grande de espécies registrada nas coletas de julho e agosto de 1948 e 1949 (Fig. 64) tenha sido causada por um volume de chuva anormalmente alto para esta época do ano é outra evidência a favor da hipótese de que o final do período de diapausa de muitas espécies de esfingídeos brasileiras é determinado pelas primeiras chuvas mais intensas após o período de seca (como discutido na seção 2.1 de Resultados e Discussão).

A Fig. 66 mostra o diagrama obtido a partir do escalonamento multidimensional não-métrico realizado com os dados de ambas as campanhas ($stress = 0,168$), com distinção entre

os meses da estação seca e da estação chuvosa (mesma separação de estações usada na seção 1.3.3 de Resultados e Discussão). Os polígonos mostrados na figura representam a união de todos os pontos de cada uma das estações. O polígono menor, localizado mais à direita no diagrama, inclui todos os meses da estação chuvosa (de novembro a abril, de ambas as campanhas), e seu tamanho pequeno indica que todos estes meses apresentaram composições de espécies consideravelmente semelhantes entre si. Chama atenção o fato de que meses da estação chuvosa das duas campanhas (separados temporalmente por uma diferença de pelo menos 62 anos) ficaram mais próximos entre si do que meses da mesma campanha, mas de estações diferentes.

Já o polígono maior, que inclui os meses da estação seca, ilustra a grande variação observada na composição de espécies durante este período do ano, já que os pontos (sobretudo dos meses de maio a agosto) estão bastante espalhados pelo diagrama, independentemente da campanha à qual pertençam. Os pontos correspondentes aos meses de setembro e outubro, porém, se localizam muito próximos ao conjunto formado pelos meses da estação chuvosa (estando o ponto de outubro da campanha antiga, inclusive, incluído no polígono menor), o que sugere que durante estes dois meses a composição de espécies de Sphingidae da EBB passa por um período transitório e já se aproxima bastante da configuração típica dos meses mais quentes e úmidos.

O padrão exibido no diagrama da Figura 66, assim, se aproxima bastante do resultado do escalonamento não-métrico aplicado apenas com os dados das coletas realizadas neste estudo (Fig. 25, que foi apresentada e discutida na seção 1.3.3), o que sugere a existência de um padrão que se manteve razoavelmente inalterado desde a metade do século passado: uma composição de espécies estabelecida no início da primavera (setembro/outubro) se mantém com alterações pequenas até o início do outono (abril), sofre uma mudança mais radical em maio e passa a apresentar configurações bastante diferentes em junho e julho (especialmente em junho, que parece ser um mês de baixíssima atividade de esfingídeos na EBB), para em agosto iniciar uma aproximação ao padrão mais típico da estação chuvosa.

Os resultados apresentados nesta seção sugerem que não ocorreram mudanças significativas na estrutura da comunidade de Sphingidae da EBB entre as campanhas 1948-1950 e 2012-2013, ao menos em relação aos parâmetros que puderam ser comparados, considerando-se a ausência de esforço amostral padronizado na campanha antiga. A comparação entre as curvas de rarefação por indivíduo, incluindo a extrapolação da curva da campanha antiga, apontou para uma riqueza não estatisticamente diferente entre as campanhas, ainda que nas coletas de 1948 a 1950 o acúmulo de espécies tenha ocorrido de forma mais rápida (possivelmente por metodologia arbitrária de coleta). A flutuação mês a

mês da riqueza de espécies foi consideravelmente diferente entre as campanhas, mas a precipitação (que em alguns casos teve valor bastante diferente do esperado para o mês em questão) parece ter atuado como fator importante na determinação da riqueza mensal. Já para as composições mensais de espécies observou-se um padrão semelhante de flutuação nas duas campanhas, sempre com composições similares nos meses da estação chuvosa e muita variação durante a estação seca. Por fim, as únicas diferenças notáveis entre as duas campanhas se restringiram a questões muito menos abrangentes, como a abundância de gêneros e espécies individualmente ou a presença/ausência de determinadas espécies em cada campanha. O fato de muitas espécies de Sphingidae serem sabidamente raras em amostragens com armadilha luminosa (JANZEN, 1984; KITCHING & CADIOU, 2000) torna natural que diferenças deste tipo sejam observadas entre as campanhas, sendo improvável que uma diferença estrutural significativa tenha ocorrido na comunidade de Sphingidae da EBB entre 1948 e 2013.

Figura 57. Diagramas de Whittaker resultantes das campanhas 1948-1950 (linha contínua) e 2012-2013 (linha tracejada).

Figura 58. Curvas de amostragem de espécies construídas pelo método de rarefação por indivíduo (100 aleatorizações, sem reposição), incluindo a extrapolação da curva referente à campanha 1948-1950. A linha vertical tracejada indica a marca de 877 indivíduos, na qual termina a curva com base em dados reais da campanha 1948-1950.

Figura 59. Comparações entre as riquezas de espécies obtidas em cada campanha, nas abundâncias de 877 indivíduos (interpolação) e de 2.509 indivíduos (extrapolação da curva da campanha 1948-1950). São mostrados os intervalos de confiança a 95%.

Figura 60. Abundância relativa de cada subfamília em cada uma das campanhas.

Figura 61. Riqueza de espécies de cada subfamília em cada uma das campanhas.

Figura 62. Abundância relativa, em cada uma das campanhas, dos gêneros mais abundantes na Estação Biológica de Boraceia. Estão representados apenas os gêneros presentes em ambas as campanhas e com abundância relativa superior a 1% em pelo menos uma delas.

Figura 63. Riqueza de espécies obtida para cada mês em cada uma das campanhas. No caso da campanha 1948-1950, os meses correspondentes de anos diferentes estão representados conjuntamente.

Figura 64. Riqueza de espécies obtida para cada mês na campanha 1948-1950 (meses correspondentes de anos diferentes estão representados conjuntamente) e precipitação acumulada mensal média de janeiro de 1948 a março de 1950 (linha contínua, círculos cheios) e de 1940 a 1969 (linha tracejada, círculos vazados) na Estação Biológica de Boraceia.

Figura 65. Riqueza de espécies obtida para cada mês na campanha 2012-2013 e precipitação acumulada mensal entre julho de 2012 e junho de 2013 na Adutora do Rio Claro (Sabesp).

Figura 66. Diagrama resultante do escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), com coeficiente de Sørensen. *Stress* = 0,168. Os pontos representam os meses de amostragem de cada uma das campanhas. No caso da campanha 1948-1950, meses correspondentes de anos diferentes são representados por um único ponto. Meses da campanha antiga apresentam a terminação “_a” e da campanha recente, “_r”. Meses da estação fria/seca estão representados em letras minúsculas e da estação quente/chuvosa em letras maiúsculas. O polígono convexo menor, mais à direita, é o menor possível que englobe todos os pontos correspondentes à estação quente/chuvosa, e o maior, mais à esquerda, é o equivalente para os pontos correspondentes à estação fria/seca.

2.3. Comparações com outros levantamentos de Sphingidae na Mata Atlântica

As Tabelas 9 e 10 comparam a riqueza e a composição de espécies de Sphingidae da EBB com as obtidas em outros 19 levantamentos de esfingofauna na Mata Atlântica.

Examinando-se, na Tabela 9, as riquezas obtidas em cada uma das localidades, chamam atenção os elevados números de espécies com ocorrência em Santa Teresa (115), na Serra dos Órgãos (110) e em Itatiaia (83). De fato, estas foram as três únicas localidades a superar a riqueza de 81 espécies resultante do robusto levantamento de Sphingidae realizado na EBB. Os três levantamentos em questão têm em comum uma característica que parece ter sido determinante para seus altos valores de riqueza: as coletas foram realizadas em diversos pontos de uma região ampla, inclusive com variações altitudinais consideráveis. BROWN & FREITAS (2000b) contabilizaram, na região de Santa Teresa, espécies coletadas entre 500 e 900 metros de altitude, e ZIKÁN & ZIKÁN (1968) e MARTIN *et al.* (2011) presumivelmente abrangeram um gradiente altitudinal de aproximadamente 2000 metros nas regiões montanhosas de Itatiaia e da Serra dos Órgãos, respectivamente.

Todos os outros levantamentos listados nas Tabelas 9 e 10 envolveram coletas em um único ponto ou apenas em pontos muito próximos entre si, sem variações significativas de altitude (é importante ressaltar que cada uma das localidades estudadas por MARINONI *et al.*, 1999, é aqui tratada como um levantamento independente). Dessa forma, excetuando-se os três trabalhos de maior abrangência citados no parágrafo anterior, o levantamento realizado na EBB foi o inventário de esfingofauna de Mata Atlântica que resultou em maior riqueza de espécies. O fato de a Estação de Boraceia estar situada no interior do maior fragmento contínuo atual da Mata Atlântica (que inclui um grande trecho da Serra do Mar nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro – RIBEIRO *et al.*, 2009) certamente contribuiu para a grande diversidade de esfingídeos com registro para o local. Além disso, o levantamento realizado na EBB envolveu coletas de 1940 a 2013, com campanhas especialmente exaustivas entre 1948 e 1950 e em 2012 e 2013, sendo certamente o de maior esforço amostral dentre os estudos que se restringiram a uma localidade de coleta bastante específica. Todos estes fatores contribuem para tornar a esfingofauna da EBB bastante importante e representativa em relação à diversidade de Sphingidae do Brasil. De fato, 35% das espécies brasileiras ocorrem no local, levando-se em conta o número de 230 espécies para o país apresentado por MARTIN *et al.* (2011).

Os dados a respeito de conectividade e isolamento de matas apresentados no decorrer desta discussão foram obtidos em RIBEIRO *et al.* (2009) e em SOS MATA ATLÂNTICA/INPE (2011), e assumiu-se que esfingídeos são capazes de atravessar, em linha reta, até 100 m de área aberta (o que é bastante plausível, dado o voo muito potente desses insetos – KITCHING &

CADIOU, 2000; TUTTLE, 2007). As informações relativas a características de fitofisionomia seguiram a classificação estabelecida pelo IBGE (2012). O Google Earth foi eventualmente utilizado como ferramenta complementar para as constatações e comparações apresentadas nesta discussão.

A Tabela 9 mostra que, de forma geral, os levantamentos que resultaram em composições de espécies mais semelhantes à da EBB foram os do Paraná, além dos de Piracicaba (SP) e Viçosa (MG). Todos os dez inventários no Paraná resultaram em composições com no máximo 15% das espécies sem registro para Boraceia, estando três destas composições (Antonina, Colombo e Telêmaco Borba) inteiramente incluídas na da EBB. As localidades de Marumbi, Banhado, Antonina e São José dos Pinhais apresentam conectividade de matas com Boraceia, além de compartilharem com a EBB o fato de estarem situadas em regiões de floresta ombrófila densa (MARINONI & DUTRA, 1991). Ainda assim, Marumbi e Banhado apresentaram composições de espécies ligeiramente menos semelhantes à da EBB do que as demais localidades do Paraná. Isso pode ter resultado do fato de que riquezas consideravelmente altas foram amostradas nestes dois locais (55 e 50 espécies), possibilitando que mais espécies nunca registradas em Boraceia fossem coletadas. As localidades de Colombo, Ponta Grossa e Telêmaco Borba encontram-se aparentemente isoladas do grande fragmento de Mata Atlântica que inclui a EBB, mas bastante próximas a ele. É possível, porém, que em 1986 e 1987, quando foram coletados os dados contabilizados por MARINONI *et al.* (1999), este isolamento fosse menor ou mesmo inexistente. Já as últimas três localidades do Paraná – Jundiá do Sul, Guarapuava e Fênix – encontram-se bem mais distantes do grande fragmento de Mata Atlântica da Serra do Mar, além de apresentarem fitofisionomias distintas da floresta ombrófila densa (MARINONI & DUTRA, 1991). Não obstante, a coleta nestes três pontos também resultou em esfingofaunas bastante semelhantes à de Boraceia (menos de 10% de diferença).

Apesar de Piracicaba (SP) se encontrar bastante isolada do fragmento de Mata Atlântica em que se situa a EBB, e de a floresta que originalmente cobria a região não ser classificada como ombrófila densa, o levantamento realizado nesta cidade resultou em uma esfingofauna sem qualquer espécie nunca registrada em Boraceia (Tab. 9). Uma possível explicação para isso pode estar relacionada ao fato de que este levantamento foi realizado em uma área altamente modificada pelo homem (no campus da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo), sendo provável que somente espécies aptas a sobreviver em um ambiente fortemente impactado tenham sido coletadas. A Tabela 10 sugere que as espécies com tal capacidade são bastante comuns na Mata Atlântica, já que todas as registradas em Piracicaba foram coletadas em pelos menos mais sete localidades, e muitas

delas em pelo menos mais dez. Dessa forma, é natural que apenas espécies presentes em Boraceia tenham sido amostradas em Piracicaba.

A localidade de Viçosa (MG), bastante isolada do fragmento de mata da Serra do Mar e com diferentes características de fitofisionomia em relação a ele, surpreendentemente forneceu um inventário de esfingofauna muito semelhante ao de Boraceia (apenas 11% de espécies diferentes). Uma possível explicação para este fato está relacionada à alta riqueza e grande representatividade da diversidade de Sphingidae da EBB em relação à esfingofauna brasileira, fazendo com que, a despeito de isolamento dos fragmentos de mata e de diferenças fitofisionômicas, seja esperado que levantamentos em locais relativamente próximos e no mesmo bioma resultem em composições consideravelmente semelhantes à de Boraceia. Esta possibilidade também é válida para os levantamentos no Paraná.

Os levantamentos no Nordeste resultaram em porcentagens mais altas de espécies nunca coletadas na EBB: 16% da riqueza na Estação de Tapacurá, 26% na Reserva Frei Caneca e na Reserva de Gurjaú (Pernambuco), e a elevada proporção de 43% na Mata de Coimbra (Alagoas), onde a riqueza total registrada foi de apenas 14 espécies de Sphingidae. Diferenças maiores entre os inventários realizados no Nordeste e o de Boraceia já eram esperadas, considerando-se as grandes distâncias entre estas localidades e a EBB e o intenso isolamento dos fragmentos de Mata Atlântica nordestina onde foram realizadas as coletas. Além disso, os levantamentos da Estação de Tapacurá e da Mata de Coimbra foram realizados em florestas com classificações fitofisionômicas diferentes de ombrófila densa. Isto pode ter contribuído para o fato de quase metade das espécies coletadas na Mata de Coimbra (caracterizada como ombrófila aberta) nunca terem sido registradas na EBB.

Os levantamentos realizados nas regiões de Itatiaia e da Serra dos Órgãos (RJ) resultaram em porcentagens consideravelmente altas de espécies nunca coletadas na EBB (29% e 28%, respectivamente). Este resultado, à primeira vista, parece surpreendentemente, considerando-se que estas duas localidades são mais próximas de Boraceia do que a maioria das outras listadas nas Tabelas 9 e 10, compartilham da mesma classificação fitofisionômica que a EBB e possivelmente apresentam conectividade de matas com o fragmento da Serra do Mar de São Paulo. No entanto, é preciso levar em conta que cada um destes levantamentos abrangeu uma área muito vasta, com pontos de coleta diversos e em altitudes variadas, o que pode explicar a alta riqueza obtida em ambos, bem como a alta proporção de espécies sem registro para a EBB. Esta mesma análise vale para o inventário de Santa Teresa (ES), que apresentou composição bastante diferente da de Boraceia (40% de diferença). Neste caso, porém, o forte isolamento entre os fragmentos de mata e a maior distância também devem ter contribuído para a grande diferença na esfingofauna. Entretanto, é possível que a diferença

real entre as composições da EBB e de Santa Teresa não seja tão alta e que a proporção de 40% esteja superestimada, como discutido a seguir.

BROWN & FREITAS (2000b) contabilizaram o expressivo número de 115 espécies de esfingídeos na região de Santa Teresa, sendo esta a riqueza mais alta entre os levantamentos aqui discutidos. Este número, porém, é bastante questionável. Em primeiro lugar, algumas espécies sinonimizadas por KITCHING & CADIOUS (2000) foram listadas de forma equivocada. Este foi o caso de *Isognathus pelops* (sinônimo júnior de *I. rimosa*), *Manduca perplexa* (sinônimo júnior de *M. lucetius*) e *Manduca suavis* (sinônimo júnior de *M. lichenea*). Cada uma destas três espécies foi contabilizada duas vezes, uma com o nome sinônimo júnior e outra com o nome válido. Adicionalmente, determinadas espécies supostamente coletadas em Santa Teresa – tais como *Callionima acuta*, *Manduca leucospila* e *Nyceryx ericea* – têm sua ocorrência na Mata Atlântica, ou mesmo no Brasil, altamente duvidosa. Esta constatação é baseada em informações obtidas em D'ABRERA (1986) e OEHLKE (2014), e no fato de que tais espécies não foram registradas em nenhuma das outras 18 localidades de Mata Atlântica incluídas nas Tabelas 9 e 10. Além disso, estas espécies são morfologicamente muito semelhantes a outras listadas no levantamento em Santa Teresa. É possível, portanto, que alguns falsos registros tenham sido causados por erros na identificação de certos espécimes.

Entre as 81 espécies registradas na EBB, apenas *Perigonia passerina* não foi listada em nenhum dos demais levantamentos na Mata Atlântica (Tab. 10). Esta espécie, porém, possivelmente já foi coletada em outras localidades de Mata Atlântica e confundida com *P. stulta*, com a qual apresente grande semelhança morfológica e da qual já foi considerada sinônimo júnior. Em 2000, *P. passerina* foi reestabelecida como espécie válida por KITCHING & CADIOUS.

Várias espécies que ocorrem na EBB aparentam ser raras na Mata Atlântica. *Adhemarius d. daphne*, *Adhemarius gagarini*, *Amphimoea walkeri*, *Callionima f. falcifera*, *Eumorpha megaeacus*, *Hemeroplanes ornatus*, *Hyles euphorbiarum*, *Isognathus australis*, *Isognathus c. caricae*, *Orecta l. lycidas* e *Xylophanes pistacina*, por exemplo, são representadas por poucos indivíduos coletados em Boraceia (um a sete) e foram registradas em no máximo mais três localidades de Mata Atlântica (Tab. 10). Algumas outras espécies, como *Manduca dalica anthina*, *Manduca lichenea* e *Xylophanes marginalis*, também foram amostradas em poucos levantamentos na Mata Atlântica (no máximo três localidades além de Boraceia), mas tiveram abundâncias relativamente altas em coletas na EBB.

Estes dados, somados à alta riqueza de espécies com registro para o local, chamam atenção para a importância que possui a Estação Biológica de Boraceia em relação à diversidade de Sphingidae no Brasil. Nenhum outro inventário de Mata Atlântica, produzido a

partir de coletas em um único ponto, resultou em riqueza tão alta e no registro de tantas espécies possivelmente raras no bioma. Esta importância e representatividade da EBB são provavelmente válidas também para outros grupos de Lepidoptera. A família Saturniidae, por exemplo, conta com 119 espécies já coletadas no local (Fabiano Albertoni, dados não publicados), o que representa 30% das cerca de 400 espécies brasileiras (DUARTE *et al.*, 2012). A riqueza de Arctiinae (Erebidae) da EBB também está entre as mais altas já registradas no Brasil para um único local de coleta (FERRO & DINIZ, 2007).

Tabela 9. Coordenadas geográficas e altitudes aproximadas das localidades de Mata Atlântica para as quais foram realizados levantamentos de esfiingofauna. Também são mostrados, de cada localidade, a riqueza total e o número e porcentagem (em relação à riqueza total) de espécies sem registro para a EBB. O fundo sombreado mais claro indica possível conectividade de matas entre as localidades e a EBB, e o fundo sombreado mais escuro indica conectividade certa. Localidades: Coi = Mata de Coimbra (CRUZ-NETO *et al.*, 2011). Gur = Reserva Biológica de Gurjaú (DUARTE & SCHLINDWEIN, 2005). Fre = Reserva Particular do Patrimônio Natural Frei Caneca (DUARTE & SCHLINDWEIN, 2008). Tap = Estação Ecológica de Tapacurá (PRIMO *et al.*, 2013). Ter = Santa Teresa (BROWN & FREITAS, 2000b). Vic = Viçosa (FERREIRA *et al.*, 1986). Ita = Itatiaia (ZIKÁN & ZIKÁN, 1968). Org = Serra dos Órgãos (MARTIN *et al.*, 2011). Pir = Piracicaba (COELHO *et al.*, 1979). Mar = Marumbi (município de Morretes) (LAROCA & MIELKE, 1975). Ban = Banhado (município de Quatro Barras) (LAROCA *et al.*, 1989). Ant = Antonina; SJP = São José dos Pinhais; Col = Colombo; Pon = Ponta Grossa; Tel = Telêmaco Borba; Jun = Jundiá do Sul; Gua = Guarapuava; Fen = Fênix (MARINONI *et al.*, 1999). *É possível que a riqueza de esfiingídeos de Santa Teresa esteja superestimada, assim como a proporção de espécies desta localidade sem registro para a EBB (ver a seção 2.3 de Resultados e Discussão).

Região	Estado	Localidade	Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Riqueza total	Número e porcentagem de espécies sem registro para a EBB
Nordeste	AL	Coi	9°00'S, 35°52'O	470	14	6 (43%)
		Gur	8°12'S, 35°03'O	110	23	6 (26%)
	PE	Fre	8°42'S, 35°50'O	570	50	13 (26%)
		Tap	8°01'S, 35°11'O	200	31	5 (16%)
Sudeste	ES	Ter	19°56'S, 40°35'O	Variável	115*	46 (40%)*
	MG	Vic	20°45'S, 42°51'O	700	35	4 (11%)
	RJ	Ita	22°20'S, 44°35'O	Variável	83	24 (29%)
		Org	22°28'S, 42°58'O	Variável	110	31 (28%)
	SP	Pir	22°42'S, 47°38'O	530	17	0
Sul	PR	Mar	25°26'S, 48°55'O	500	55	8 (15%)
		Ban	25°26'S, 48°58'O	850	50	6 (12%)
		Ant	25°28'S, 48°50'O	60	15	0
		SJP	25°34'S, 49°01'O	1.050	38	1 (3%)
		Col	25°20'S, 49°14'O	915	10	0
		Pon	25°14'S, 50°03'O	880	15	1 (7%)
		Tel	24°17'S, 50°37'O	750	11	0
		Jun	23°26'S, 50°16'O	500	23	2 (9%)
		Gua	25°40'S, 52°01'O	740	14	1 (7%)
		Fen	23°54'S, 51°58'O	350	11	1 (9%)

Tabela 10. Localidades da Mata Atlântica nas quais já se registrou cada espécie de esfingídeo coletada na Estação Biológica de Boraceia. Localidades: Coi = Mata de Coimbra (CRUZ-NETO *et al.*, 2011). Gur = Reserva Biológica de Gurjaú (DUARTE & SCHLINDWEIN, 2005). Fre = Reserva Particular do Patrimônio Natural Frei Caneca (DUARTE & SCHLINDWEIN, 2008). Tap = Estação Ecológica de Tapacurá (PRIMO *et al.*, 2013). Ter = Santa Teresa (BROWN & FREITAS, 2000b). Vic = Viçosa (FERREIRA *et al.*, 1986). Ita = Itatiaia (ZIKÁN & ZIKÁN, 1968). Org = Serra dos Órgãos (MARTIN *et al.*, 2011). Pir = Piracicaba (COELHO *et al.*, 1979). Mar = Marumbi (município de Morretes) (LAROCA & MIELKE, 1975). Ban = Banhado (município de Quatro Barras) (LAROCA *et al.*, 1989). Ant = Antonina; SJP = São José dos Pinhais; Col = Colombo; Pon = Ponta Grossa; Tel = Telêmaco Borba; Jun = Jundiá do Sul; Gua = Guarapuava; Fen = Fênix (MARINONI *et al.*, 1999).

Região	Nordeste				Sudeste					Sul										Total
Estado	AL	PE			ES	MG	RJ		SP	PR										
Localidade	Coi	Gur	Fre	Tap	Ter	Vic	Ita	Org	Pir	Mar	Ban	Ant	SJP	Col	Pon	Tel	Jun	Gua	Fen	
<i>Adhemarius daphne</i>	X																			1
<i>Adhemarius eurysthenes</i>	X X X X X X X X X X																			10
<i>Adhemarius gagarini</i>	X																			1
<i>Adhemarius gannascus</i>	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	17
<i>Adhemarius palmeri</i>	X X X X																			4
<i>Aellopos fadus</i>	X X X																			3
<i>Aellopos titan</i>	X X X																			3
<i>Agrius cingulata</i>			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	12
<i>Amphimoea walkeri</i>			X		X			X												3
<i>Callionima falcifera</i>			X					X												2
<i>Callionima inuus</i>			X		X		X	X		X	X	X					X			8

Tabela 10. Continuação.

Região	Nordeste				Sudeste					Sul										Total
Estado	AL	PE			ES	MG	RJ		SP	PR										
Localidade	Coi	Gur	Fre	Tap	Ter	Vic	Ita	Org	Pir	Mar	Ban	Ant	SJP	Col	Pon	Tel	Jun	Gua	Fen	
<i>Callionima nomius</i>			X		X		X	X		X	X		X							7
<i>Callionima parce</i>	X		X	X	X	X		X	X	X	X		X		X		X			12
<i>Cocytius antaeus</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X						X		X	12
<i>Cocytius beelzebuth</i>					X	X	X	X		X			X							6
<i>Cocytius duponchel</i>					X	X	X	X	X	X	X	X	X							9
<i>Cocytius lucifer</i>					X	X	X	X		X	X		X							7
<i>Enyo gorgon</i>				X	X			X				X							X	5
<i>Enyo lugubris</i>		X	X		X	X	X	X		X	X		X							9
<i>Enyo ocypete</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X							10
<i>Erinnyis alope</i>		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X		X			13
<i>Erinnyis crameri</i>			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X							10
<i>Erinnyis ello</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	16
<i>Erinnyis lassauxii</i>	X		X		X		X	X					X							6
<i>Erinnyis obscura</i>			X		X		X	X		X	X				X					7

Tabela 10. Continuação.

Região	Nordeste				Sudeste					Sul										Total
Estado	AL	PE			ES	MG	RJ		SP	PR										
Localidade	Coi	Gur	Fre	Tap	Ter	Vic	Ita	Org	Pir	Mar	Ban	Ant	SJP	Col	Pon	Tel	Jun	Gua	Fen	
<i>Erinnyis oenotrus</i>					X	X	X	X	X	X	X		X				X			9
<i>Eumorpha analis</i>					X			X		X	X									4
<i>Eumorpha anchemolus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X				X			13
<i>Eumorpha fasciatus</i>		X	X	X	X	X	X	X	X		X									9
<i>Eumorpha labruscae</i>			X		X	X	X	X		X	X		X			X				9
<i>Eumorpha megaeacus</i>							X	X												2
<i>Eumorpha obliquus</i>			X		X		X	X			X		X							6
<i>Eumorpha translineatus</i>					X		X	X		X										4
<i>Hemeroplanes longistriga</i>					X		X	X								X				4
<i>Hemeroplanes ornatus</i>					X			X				X								3
<i>Hemeroplanes triptolemus</i>		X	X	X	X			X		X										6
<i>Hyles euphorbiarum</i>					X		X	X												3
<i>Isognathus australis</i>					X			X												2
<i>Isognathus caricae</i>			X				X	X												3

Tabela 10. Continuação.

Região	Nordeste				Sudeste					Sul										Total	
Estado	AL	PE			ES	MG	RJ		SP	PR											
Localidade	Coi	Gur	Fre	Tap	Ter	Vic	Ita	Org	Pir	Mar	Ban	Ant	SJP	Col	Pon	Tel	Jun	Gua	Fen		
<i>Lintneria justiciae</i>	X X X																			3	
<i>Madoryx plutonius</i>	X	X			X	X		X	X										6		
<i>Manduca albiplaga</i>					X	X		X	X		X									5	
<i>Manduca brasiliensis</i>	X			X			X		X			X	X			X	X	X	X	9	
<i>Manduca contracta</i>	X				X															2	
<i>Manduca dalica</i>					X	X		X												3	
<i>Manduca diffissa</i>	X			X	X	X	X	X	X		X	X		X	X			X	X	13	
<i>Manduca florestan</i>	X	X			X	X	X	X	X		X	X		X	X			X		12	
<i>Manduca hannibal</i>	X	X	X	X	X	X		X	X							X			9		
<i>Manduca incisa</i>					X	X		X	X							X	X			5	
<i>Manduca lefeburii</i>	X				X	X			X		X									5	
<i>Manduca lichenea</i>					X	X														2	
<i>Manduca rustica</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X			X	X	13	
<i>Manduca sexta</i>	X			X	X	X	X	X	X	X									X	X	10

Tabela 10. Continuação.

Região	Nordeste				Sudeste					Sul										Total
Estado	AL	PE			ES	MG	RJ		SP	PR										
Localidade	Coi	Gur	Fre	Tap	Ter	Vic	Ita	Org	Pir	Mar	Ban	Ant	SJP	Col	Pon	Tel	Jun	Gua	Fen	
<i>Neococytius cluentius</i>					X	X	X	X		X	X						X			7
<i>Nyceryx coffaeae</i>				X	X		X	X												4
<i>Nyceryx continua</i>					X			X					X		X	X		X		6
<i>Nyceryx nictitans</i>					X	X	X	X		X	X				X	X		X		9
<i>Orecta lycidas</i>						X		X					X							3
<i>Pachylia ficus</i>			X	X	X	X	X	X		X	X		X				X		X	11
<i>Pachylioides resumens</i>			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	13
<i>Perigonia lusca</i>				X	X		X	X												4
<i>Perigonia passerina</i>																				0
<i>Perigonia stulta</i>				X	X			X		X	X									5
<i>Protambulyx eurycles</i>		X			X		X	X		X										5
<i>Protambulyx strigilis</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			15
<i>Pseudosphinx tetrio</i>		X	X	X	X	X	X	X		X	X									9
<i>Xylophanes aglaor</i>					X		X	X	X	X	X		X							7

Tabela 10. Continuação.

Região	Nordeste				Sudeste					Sul										Total
Estado	AL	PE			ES	MG	RJ		SP	PR										
Localidade	Coi	Gur	Fre	Tap	Ter	Vic	Ita	Org	Pir	Mar	Ban	Ant	SJP	Col	Pon	Tel	Jun	Gua	Fen	
<i>Xylophanes ceratomioides</i>					X	X	X	X		X	X	X	X	X	X					10
<i>Xylophanes chiron</i>			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X					X	12
<i>Xylophanes indistincta</i>								X					X					X		3
<i>Xylophanes isaon</i>					X		X	X			X	X	X							6
<i>Xylophanes loelia</i>	X	X	X	X				X												5
<i>Xylophanes marginalis</i>								X												1
<i>Xylophanes pistacina</i>					X			X												2
<i>Xylophanes pluto</i>			X	X	X		X	X									X		X	7
<i>Xylophanes porcus</i>					X	X	X	X		X	X		X		X					8
<i>Xylophanes schausi</i>					X		X	X		X			X							5
<i>Xylophanes tersa</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X	X		14
<i>Xylophanes thyelia</i>			X		X		X	X		X	X	X	X							8
<i>Xylophanes titana</i>					X		X	X		X	X		X			X	X			8
<i>Xylophanes xylobotes</i>					X		X	X		X	X		X	X	X					8

CONCLUSÕES

1. Foram contabilizadas 81 espécies de esfingídeos já coletadas na Estação Biológica de Boraceia. No presente estudo foram amostradas 64 espécies, das quais três corresponderam a novos registros para a Estação: *Enyo gorgon*, *Isognathus australis* e *Manduca lefeburii lefeburii*.
2. Os meses mais quentes e chuvosos tenderam a apresentar valores mais altos de riqueza e abundância, além de maior equabilidade entre as espécies. Dados históricos e recentes sugerem que junho é o mês de menor atividade de esfingídeos na EBB. A composição de espécies se manteve mais homogênea durante os meses mais quentes (setembro a abril) e sofreu grande variação entre os meses de inverno.
3. A riqueza e a abundância dos esfingídeos como um todo tenderam a diminuir com o avançar da noite, mas muitas espécies apresentaram atividade restrita a um determinado período da noite. A composição de espécies apresentou um padrão claro de alterações com o passar da noite.
4. A temperatura ambiente agiu como fator limitante para a atividade dos esfingídeos; abundâncias altas foram amostradas apenas a temperaturas mais elevadas. Chuva e neblina no momento da coleta influenciaram positivamente a atração dos esfingídeos pela armadilha luminosa, tendo a neblina exercido influência mais intensa.
5. A razão sexual foi fortemente enviesada a favor dos machos para os esfingídeos como um todo e para as espécies mais abundantes. O número de indivíduos machos, porém, sofreu diminuição com o passar da noite, enquanto o de fêmeas se manteve mais estável.
6. Não se observou diferença significativa na riqueza de espécies entre as campanhas de 1948-1950 e 2012-2013. Alguns gêneros e espécies sofreram alterações consideráveis na abundância relativa, bem como certas espécies foram registradas em apenas uma das campanhas. Ainda assim, porém, ambas as campanhas foram semelhantes no modo como a composição de espécies variou ao longo do ano.

7. A alta riqueza registrada para um único ponto de coleta e o fato de terem sido amostradas espécies possivelmente raras na Mata Atlântica contribuem para que a Estação Biológica de Boraceia seja considerada um local de grande importância em relação à diversidade brasileira de Sphingidae e Lepidoptera.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, F.W. 2008. **A comunidade de esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e plantas esfingófilas numa área de Cerrado no sudeste do Brasil: biogeografia e associações mutualísticas.** Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia (dissertação de mestrado), 74p.
- AMORIM, F.W.; R.S. ÁVILA JR.; A.J.A. CAMARGO; A.L. VIEIRA & P.E. OLIVEIRA. 2009. A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado. **Journal of Biogeography**, **36**: 662-674.
- AXMACHER, J.C.; G. BREHM; A. HEMP; H. TÜNTE; H.V.M. LYARUU; K. MÜLLER-HOHENSTEIN & K. FIEDLER. 2009. Determinants of diversity in afrotropical herbivorous insects (Lepidoptera: Geometridae): plant diversity, vegetation structure or abiotic factors? **Journal of Biogeography**, **36**: 337-349.
- BAKER, R.R. & Y. SADOVY. 1978. The distance and nature of the light-trap response of moths. **Nature**, **276**: 819-821.
- BASKARAN, R.K.M. & N.R. MAHADEVAN. 1994. Influence of weather factors on light-trap catches of groundnut leafminer (*Approaerema modicella*) (Lepidoptera, Gelechiidae). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, **64** (12): 882-885.
- BAWA, K.S. 1990. Plant-pollinator interactions, sexual systems and pollen flow, p. 65-68. *In*: K.S. Bawa & M. Hadley (Eds.). **Reproductive Ecology of Tropical Forest Plants.** Oxford, Taylor & Francis, 422p.
- BECK, J; I.J. KITCHING & K.E. LINSENMAIR. 2006. Effects of habitat disturbance can be subtle yet significant: biodiversity of hawkmoth-assemblages (Lepidoptera: Sphingidae) in Southeast-Asia. **Biodiversity and Conservation**, **15**: 465-486.

- BROWN JR., K.S. 1991. Conservation of neotropical environments: insects as indicators, p. 349-404. *In*: N.M. Collins & J. A. Thomas (Eds.). **The conservation of insects and their habitats**. London, Academic Press, 432p.
- BROWN JR., K.S. 1996. Diversity of Brazilian Lepidoptera: history of study, methods for measurements, and use as indicator for genetic, specific and system richness, p. 121-153. *In*: C.E.M. Bicudo (Ed.). **Biodiversity in Brazil, a first approach: proceedings of the workshop methods for the assessment of biodiversity in plants and animal held at Campos do Jordão, SP, Brazil, 26-30 May 1996**. São Paulo, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 326p.
- BROWN JR., K.S. 1997. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**, **1**: 25-42.
- BROWN JR., K.S. & A.V.L. FREITAS. 2000a. Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation. **Biotropica**, **32** (4b): 934-956.
- BROWN JR., K.S. & A.V.L. FREITAS. 2000b. Diversidade de Lepidoptera em Santa Teresa, Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão (Nova Série)**, **11/12**: 71-118.
- CARMO, R.L. 2001. **A água é o limite? Redistribuição espacial da população e recursos hídricos no Estado de São Paulo**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (tese de doutorado), 194p.
- CAVARZERE, V.; G.P. MORAES & L.F. SILVEIRA. 2010. Boracéia Biological Station: an ornithological review. **Papéis Avulsos de Zoologia**, **50** (13): 189-201.
- CHAO, A. 2005. **Species Richness Estimation**. Hsin-Chu, National Tsing Hua University, Institute of Statistics, 23p.
- CHAPMAN, R.F. 2013. Thermal relations, p. 588-621. *In*: S.J. Simpson & A.E. Douglas (Eds.). **The Insects: Structure and Function**. Cambridge, Cambridge University Press, 929p.

- CHASE, M.R.; C. MOLLER; R. KESSELI & K.S. BAWA. 1996. Distant gene flow in tropical trees. **Nature**, **383**: 398-399.
- COELHO, I.P.; S. SILVEIRA NETO, J.F.S. DIAS; L.C. FORTI; E.F. CHAGAS & F.M. LARA. 1979. Fenologia e análise faunística da família Sphingidae (Lepidoptera), através de levantamentos com armadilha luminosa em Piracicaba-SP. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, **8** (2): 295-307.
- COLWELL, R.K. 2013. **EstimateS User's Guide**. Disponível na *World Wide Web* em: viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/EstimateSPages/EstSUsersGuide/EstimateSUsersGuide.htm [acessado em 1 de julho de 2013].
- COLWELL, R.K. & J.A. CODDINGTON. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, **345**: 101-118.
- CONSERVATION INTERNATIONAL. 2003. **Mata Atlântica**. Belo Horizonte, Conservation International do Brasil. Disponível na *World Wide Web* em: www.conservation.org.br/onde/mata_atlantica/index.php [acessado em 24 de julho de 2013].
- CRUZ-NETO, O.; I.C. MACHADO; J.A. DUARTE JR. & A.V. LOPES. 2011. Synchronous phenology of hawkmoths (Sphingidae) and *Inga* species (Fabaceae–Mimosoideae): implications for the restoration of the Atlantic forest of northeastern Brazil. **Biodiversity and Conservation**, **20**: 751-765.
- CUSTODIO FILHO, A. 1989. Flora da Estação Biológica de Boracéia – Listagem de espécies. **Revista do Instituto Florestal**, **1** (1): 161-199.
- D'ABRERA, B. 1986. **Sphingidae mundi: hawk moths of the world**. Oxford, E.W. Classey Ltd., 226p.
- DAEE. 2011. **Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo**. São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica, Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Disponível na *World Wide Web* em: www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu?qwe=qwe [acessado em 20 de março de 2014].

- DANKS, H.V. 2007. The elements of seasonal adaptations in insects. **The Canadian Entomologist**, **139** (1): 1-44.
- DARRAULT, R.O. & C. SCHLINDWEIN. 2002. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingófilas. **Revista Brasileira de Zoologia**, **19** (2): 429-443.
- DUARTE JR., J.A. & C. SCHLINDWEIN. 2005. Riqueza, abundância e sazonalidade de Sphingidae (Lepidoptera) num fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, **22** (3): 662-666.
- DUARTE JR., J.A. & C. SCHLINDWEIN. 2008. Hawkmoth fauna of a northern Atlantic rain forest remnant (Sphingidae). **Journal of the Lepidopterists' Society**, **62** (2): 71-79.
- DUARTE, M.; L.F. CARLIN & G. MARCONATO. 2008. Light-attracted hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) of Boracéia, municipality of Salesópolis, state of São Paulo, Brazil. **Check List (UNESP)**, **4** (2): 123-136.
- DUARTE, M.; G. MARCONATO; A. SPECHT & M.M. Casagrande. 2012. Lepidoptera, p. 625-682. In: J.A. Rafael; G.A.R. Melo; C.J.B. de Carvalho; S.A. Casari & R. Constantino (Eds.). **Insetos do Brasil. Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto, Holos Editora, 796 p.
- EATON, J.L. 1988. **Lepidopteran anatomy**. New York, John Wiley & Sons, 257p.
- FERREIRA, P.S.F.; D.S. MARTINS & N. HÜBNER. 1986. Levantamento, flutuação e análise entomofaunística em mata remanescente da Zona da Mata, Viçosa, Minas Gerais. I. Sphingidae: Lepidoptera. **Revista Ceres**, **33** (190): 516-527.
- FERRO, V.G. & I.R. DINIZ. 2007. Arctiidae (Insecta: Lepidoptera) da Estação Biológica de Boracéia (Salesópolis, São Paulo, Brasil). **Biota Neotropica**, **7** (3): 331-338.
- FROELICH, C.G. 2004. *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae) from the Boracéia Biological Station, São Paulo State, Brazil. **Aquatic Insects**, **26** (1): 53-63.

- GASTON, K.J. 1991. The magnitude of global insect species richness. **Conservation Biology**, **5** (3): 283-296.
- GATS. 2012. **Solar Calculator**. GATS Spectral Calculator. Disponível na *World Wide Web* em: www.spectralcalc.com/solar_calculator/solar_position.php [acessado em 7 de março de 2014].
- GILBERT, L.E. 1984. The biology of butterfly communities, p. 41-54. *In*: R.I. Vane-Wright & P.R. Ackery (Eds.). **The Biology of Butterflies**. Princeton, Princeton University Press, 429p.
- GOTELLI, N.J. & R.K. COLWELL. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, **4**: 379-391.
- GOTO, S.G. 2013. Roles of circadian clock genes in insect photoperiodism. **Entomological Science**, **16**: 1-16.
- GRIMALDI, D. & M.S. ENGEL. 2005. **Evolution of the Insects**. New York, Cambridge University Press, 755 p.
- GROVES, C.R.; D.B. JENSEN; L.L. VALUTIS; K.H. REDFORD; M.L. SHAFFER; J.M. SCOTT; J.V. BAUMGARTNER; J.V. HIGGINS; M.W. BECK & M.G. ANDERSON. 2002. Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice. **BioScience**, **52** (6): 499-512.
- HABER, W.A. & G.W. FRANKIE. 1989. A tropical hawkmoth community: Costa Rican dry forest Sphingidae. **Biotropica**, **21** (2): 155-172.
- HAMMER, Ø; D.A.T. HARPER & P.D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, **4** (1): 9p. Disponível na *World Wide Web* em: palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm [acessado em 1 de julho de 2013].
- HEYER, W.R.; A.S. RAND; C.A.G. CRUZ; O.L. PEIXOTO & C.E. NELSON. 1990. Frogs of Boracéia. **Arquivos de Zoologia de São Paulo**, **31** (4): 231-410.

- HODGES, R.W. 1971. **The moths of America north of Mexico, Fascicle 21, Sphingoidea**. London, E.W. Classey Ltd. & R.B.D. Publications, 170p.
- HOLLOWAY, J.D. 1987. **The moths of Borneo. Part 3. Superfamily Bombycoidea: families Lasiocampidae, Eupterotidae, Bombycidae, Brahmaeidae, Saturniidae, Sphingidae**. Kuala Lumpur, Southdene Sdn. Bhd. Disponível na *World Wide Web* em: www.mothsofborneo.com/part-3/ [acessado em 5 de agosto de 2013].
- HOLYOAK, M.; V. JAROSIK & I. NOVÁK. 1997. Weather-induced changes in moth activity bias measurement of long-term population dynamics from light trap samples. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, **83**: 329-335.
- IBGE. 2007. População recenseada e estimada, segundo os municípios – São Paulo – 2007. *In: Contagem da população 2007*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível na *World Wide Web* em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm [acessado em 4 de agosto de 2013].
- IBGE. 2012. **Manuais técnicos em geociências. Número 1. Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 275p.
- JANZEN, D.H. 1984. Two ways to be a tropical big moth: Santa Rosa saturniids and sphingids. **Oxford Surveys in Evolutionary Biology**, **1**: 85-140.
- JOHNSON, S.D.; T.J. EDWARDS; C. CARBUTT & C. POTGIETER. 2002. Specialization for hawkmoth and long-proboscid fly pollination in *Zaluzianskya* section *Nycterinia* (Scrophulariaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, **138**: 17-27.
- KAWAHARA, A.Y.; A.A. MIGNAULT; J.C. REGIER; I.J. KITCHING & C. MITTER. 2009. Phylogeny and biogeography of hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae): evidence from five nuclear genes. **PloS ONE**, **4** (5): 1-11.
- KELBER, A.; A. BALKENIUS & E.J. WARRANT. 2003. Colour vision in diurnal and nocturnal hawkmoths. **Integrative and Comparative Biology**, **43** (4): 571-579.

- KITCHING, I.J. & J.-M. CADIOU. 2000. **Hawkmoths of the world: an annotated and illustrated revisionary checklist (Lepidoptera: Sphingidae)**. Ithaca, Cornell University Press, 256p.
- KREMEN, C.; R.K. COLWELL; T.L. ERWIN; D.D. MURPHY; R.F. NOSS & M.A. SANJAYAN. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. **Conservation Biology**, **7** (4): 796-808.
- KRISTENSEN, N.P. & A.W. SKALSKI. 1998. Phylogeny and paleontology, p. 7-25. *In*: N.P. Kristensen (Ed.). **Arthropoda: Insecta. Lepidoptera, moths and butterflies: evolution, systematics and biogeography. Vol. 1**. *In*: M. Fischer (Ed.). Handbook of zoology. Berlin, Walter de Gruyter, 491 p.
- KRISTENSEN, N.P.; M.J. SCOBLE & O. KARSHOLT. 2007. Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. **Zootaxa**, **1668**: 699-747.
- LAROCA, S. & O.H.H. MIELKE. 1975. Ensaios sobre ecologia de comunidade em Sphingidae na Serra do Mar, Paraná, Brasil (Lepidoptera). **Revista Brasileira de Biologia**, **35** (1): 1-19.
- LAROCA, S.; V.O. BECKER & F.C.V. ZANELLA. 1989. Diversidade, abundância relativa e fenologia em Sphingidae (Lepidoptera) na Serra do Mar (Quatro Barras, PR), sul do Brasil. **Acta Biológica Paranaense**, **18**: 13-53.
- LAZZARI, C.R. & T.C. INSAUSTI. 2008. Circadian rhythms in insects, p. 75-92. *In*: M.L. Fanjul-Moles & R.A. Roblero (Eds.). **Comparative Aspects of Circadian Rhythms**. Trivandrum, Transworld Research Network, 203p.
- LEGENDRE, P. & L. LEGENDRE. 1998. **Numerical Ecology**. Amsterdam, Elsevier, 853p.
- LEÓN-CORTÉS, J.L.; J. SOBERÓN-MAINERO & J. LLORENTE-BOUSQUETS. 1998. Assessing completeness of Mexican sphinx moth inventories through species accumulation functions. **Diversity and Distributions**, **4** (1): 37-44.

- LINHART, Y.B. & J.A. MENDENHALL. 1977. Pollen dispersal by hawkmoths in a *Lindenia rivalis* Benth. population in Belize. **Biotropica**, **9** (2): 143.
- LONGINO, J.T. & R.K. COLWELL. 1997. Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical rain forest. **Ecological Applications**, **7** (4): 1263-1277.
- MADDEN, A.H. 1944. The external morphology of the adult tobacco hornworm (Lepidoptera, Sphingidae). **Annals of the Entomological Society of America**, **37** (2): 145-160.
- MAGURRAN, A.E. 2004. **Measuring Biological Diversity**. Oxford, Blackwell Science Ltd, 256p.
- MARGULES, C.R. & R.L. PRESSEY. 2000. Systematic conservation planning. **Nature**, **405**: 243-253.
- MARINONI, R.C. & R.R.C. DUTRA. 1991. Levantamento da fauna entomológica no Estado do Paraná. I. Introdução. Situações climáticas e florísticas de oito pontos de coleta. Dados faunísticos de agosto de 1986 a julho de 1987. **Revista Brasileira de Zoologia**, **8** (1/2/3/4): 31-73.
- MARINONI, R.C.; R.R.C. DUTRA & O.H.H. MIELKE. 1999. Levantamento da fauna entomológica no Estado do Paraná. IV. Sphingidae (Lepidoptera). Diversidade alfa e estrutura de comunidade. **Revista Brasileira de Zoologia**, **16** (2): 223-240.
- MARTIN, A.; A. SOARES & J. BIZARRO. 2011. **Guia dos Sphingidae da Serra dos Órgãos, Sudeste do Brasil**. Oxford, REGUA Publications, 143p.
- McMULLEN, C.K. 2009. Pollination biology of a night-flowering Galápagos endemic, *Ipomoea habeliana* (Convolvulaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, **160**: 11-20.
- MELO, A.S. 2008. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, **8** (3): 21-27.

- MILLER, W.E. 1997. Diversity and evolution of tongue length in hawkmoths (Sphingidae). **Journal of Lepidopterists' Society**, **51** (1): 9-31.
- MINET, J. 1994. The Bombycoidea: Phylogeny and higher classification (Lepidoptera: Glossata). **Entomologica Scandinavica**, **25** (1): 63-88.
- MITTERMEIER, R.A.; N. MYERS & J.B. THOMSEN. 1998. Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. **Conservation Biology**, **12** (3): 516-520.
- MORÉ, M.; I.J. KITCHING & A.A. COCUCI. 2005. **Sphingidae: esfíngidos de Argentina**. Buenos Aires, Literature of Latin America, 166p.
- MOTTA, C.S.; F.J. AGUILERA-PERALTA & R. ANDREAZZE. 1998. Aspectos da esfingofauna (Lepidoptera, Sphingidae), em área de terra-firme, no Estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, **28** (1): 75-92.
- MOTTA, C.S. & F.F. XAVIER-FILHO. 2005. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) do município de Beruri, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, **35** (4): 457-462.
- MYERS, N.; R.A. MITTERMEIER; C.G. MITTERMEIER; G.A.B. FONSECA & J. KENT. 2000. Biodiversity hotspots for conservations priorities. **Nature**, **403**: 853-858.
- MZUSP. 2012. **História da E.B.B.**. São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Disponível na *World Wide Web* em: www.mz.usp.br/?page_id=530 [acessado em 28 de maio de 2014].
- OEHLKE, B. 2014. **Sphingidae of the Americas**. BizLand. Disponível na *World Wide Web* em: www.silkmoths.bizland.com/danjansphinx.htm [acessado em 3 de julho de 2014].
- PAGLIA, A.P.; G.A.B. FONSECA; A.B. RYLANDS; G. HERRMANN; L.M.S. AGUIAR; A.G. CHIARELLO; Y.L.R. LEITE; L.P. COSTA; S. SICILIANO; M.C.M. KIERULFF; S.L. MENDES; V.C. TAVARES; R.A. MITTERMEIER & J.L. PATTON. 2012. Annotated checklist of Brazilian Mammals – 2nd Edition. **Occasional Papers in Conservation Biology**, **6**. Arlington, Conservation International, 76p.

- PITTAWAY, A.R. 1993. **Hawk Moths of the Western Palaearctic**. Vester Skerninge, Apollo Books, 256p.
- PRIMO, L.M.; J.A. DUARTE & I.C. MACHADO. 2013. Hawkmoth fauna (Sphingidae, Lepidoptera) in a semi-deciduous rainforest remnant: composition, temporal fluctuations, and new records for northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **85** (3): 1177-1188.
- RAFAEL, J.A.; A.P. AGUIAR & D.S. AMORIM. 2009. Knowledge of insect diversity in Brazil: challenges and advances. **Neotropical Entomology**, **38** (5): 565-570.
- RAGUSO, R.A. & M.A. WILLIS. 2005. Synergy between visual and olfactory cues in nectar feeding by wild hawkmoths, *Manduca sexta*. **Animal Behaviour**, **69** (2): 407-418.
- RIBEIRO, M.C.; J.P. METZGER; A.C. MARTENSEN; F.J. PONZONI & M.M. HIROTA. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, **142**: 1141-1153.
- ROTHSCHILD, W. & K. JORDAN. 1903. A revision of the lepidopterous family Sphingidae. **Novitates Zoologicae**, **9** (suppl. 1-2): 1-972.
- SAUNDERS, D.S. 1982. **Insect Clocks**. Oxford, Pergamon Press, 409p.
- SAUNDERS, D.S. 2011. Unity and diversity in the insect photoperiodic mechanism. **Entomological Science**, **14**: 235-244.
- SCHULZE, C.H. & K. FIEDLER. 2003. Hawkmoth diversity in northern Borneo does not reflect the influence of anthropogenic habitat disturbance. **Ecotropica**, **9**: 99-102.
- SIEWERT, R.R. & E.J.E. SILVA. 2010. Contribution to the knowledge of the hawkmoths fauna in the state of Santa Catarina, Brazil (Lepidoptera: Sphingidae). **Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo**, **N.F. 31** (1/2): 63-66.

- SILVA, J.M.C. & C.H.M. CASTELETTI. 2003. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil, p. 43-59. *In*: C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (Eds.). **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Washington, DC, Island Press, 488 p.
- SILVA, N.A.P.; M.R. FRIZZAS & C.M. OLIVEIRA. 2011. Seasonality in insect abundance in the “Cerrado” of Goiás State, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, **55** (1): 79-87.
- SMYTHE, N. 1996. The seasonal abundance of night-flying insects in a neotropical forest, p. 309-318. *In*: E.G. Leigh Jr.; A.S. Rand & D.M. Windsor (Eds.). **The Ecology of a Tropical Forest: seasonal rhythms and long-term changes**. Washington, DC, Smithsonian Institution, 503 p.
- SOS MATA ATLÂNTICA/INPE. 2011. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. Período 2008-2010**. São Paulo, Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- SOTTHIBANDHU, S. & R.R. BAKER. 1979. Celestial orientation by the large yellow underwing moth, *Noctua pronuba* L. **Animal Behaviour**, **27** (3): 786-800.
- SPARROW, H.R.; T.D. SISK; P.R. EHRLICH & D.D. MURPHY. 1994. Techniques and guidelines for monitoring neotropical butterflies. **Conservation Biology**, **8** (3): 800-809.
- SPECHT, A.; A.J. BENEDETTI & E. CORSEUIL. 2008. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) registrados no Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências, Porto Alegre**, **16** (1): 15-18.
- SPECIESLINK. 2011. **DZUP-Lepidoptera – Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure (Lepidoptera)**. SpeciesLink. Disponível na *World Wide Web* em: splink.cria.org.br/manager/detail?resource=DZUP-Lepidoptera&setlang=pt [acessado em 26 de maio de 2014].
- STEHMANN, J.R.; R.C. FORZZA; A. SALINO; M. SOBRAL; D.P. COSTA & L.H.Y. KAMINO. 2009. Diversidade taxonômica na Floresta Atlântica, p. 3-12. *In*: J.R. Stehmann; R.C. Forzza; A. Salino; M. Sobral; D.P. Costa & L.H.Y. Kamino (Eds.). **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 505p.

- STEINBAUER, M.J.; A. HASLEM & E.D. EDWARDS. 2012. Using meteorological and lunar information to explain catch variability of Orthoptera and Lepidoptera from 250 W Farrow light traps. **Insect Conservation and Diversity**, **5**: 367-380.
- TRAVASSOS FILHO, L. & H.F.A. CAMARGO. 1958. A Estação Biológica de Boracéia. **Arquivos de Zoologia de São Paulo**, **11**: 1-21.
- TUTTLE, J.P. 2007. **The Hawk Moths of North America: A Natural History Study of the Sphingidae of the United States and Canada**. Washington, DC, The Wedge Entomological Research Foundation, 253p.
- VAN NIEUKERKEN, E. J.; L. KAILA; I.J. KITCHING; N.P. KRISTENSEN; D.C. LEES; J. MINET; C. MITTER; M. MUTANEN; J.C. REGIER; T.J. SIMONSEN; N. WAHLBERG; S.-H. YEN; R. ZAHIRI; D. ADAMSKI; J. BAIXERAS; D. BARTSCH; B.Å. BENGTSSON; J.W. BROWN; S.R. BUCHELI; D.R. DAVIS; J. DE PRINS; W. DE PRINS; M.E. EPSTEIN; P. GENTILI-POOLE; C. GIELIS; P. HÄTTENSCHWILER; A. HAUSMANN; J.D. HOLLOWAY; A. KALLIES; O. KARSHOLT; A.Y. KAWAHARA; S.J.C. KOSTER; M.V. KOZLOV; J.D. LAFONTAINE; G. LAMAS; J.-F. LANDRY; S. LEE; M. NUSS; K.-T. PARK; C. PENZ; J. ROTA; A. SCHINTLMEISTER; B.C. SCHMIDT; J.-C. SOHN; M.A. SOLIS; G.M. TARMANN; A.D. WARREN; S. WELLER; R.V. YAKOVLEV; V.V. ZOLOTUHIN & A. ZWICK. 2011. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758, p. 212–221. *In*: Z.-Q. Zhang (Ed.). **Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness**. Zootaxa, 3148: 237p.
- VIVIANI, V.R. & R.M. SANTOS. 2012. Bioluminescent Coleoptera of Biological Station of Boracéia (Salesópolis, SP, Brazil): diversity, bioluminescence and habitat distribution. **Biota Neotropica**, **12** (3): 1-14.
- WASSERTHAL, L.T. 1997. The pollinators of the Malagasy star orchids *Angraecum sesquipedale*, *A. sororium* and *A. compactum* and the evolution of extremely long spurs by pollinator shift. **Botanica Acta**, **110** (5): 343-359.
- WEHNER, R. 1984. Astronavigation in insects. **Annual Review of Entomology**, **29**: 277-298.
- WILLIS, M.A. & E.A. ARBAS. 1991. Odor-modulated upwind flight of the sphinx moth, *Manduca sexta* L. **Journal of Comparative Physiology A**, **169**: 427-440.

- WOLDA, H. 1988. Insect seasonality: why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, **19**: 1-18.
- WOODS JR., W.A. & R.D. STEVENSON. 1996. Time and energy costs of copulation for the sphinx moth, *Manduca sexta*. **Physiological Zoology**, **69** (3): 682-700.
- YELA, J.L. & M. HOLYOAK. 1997. Effects of moonlight and meteorological factors on light and bait trap catches of noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, **26** (6): 1283-1290.
- ZIKÁN, J.F. & W. ZIKÁN. 1940. Introdução para o catálogo da inseto-fauna do Itatiaia e da Mantiqueira. **Rodriguésia**, **13**: 155-165.
- ZIKÁN, J.F. & W. ZIKÁN. 1968. Inseto-fauna do Itatiaia e da Mantiqueira. III. Lepidoptera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, **3**: 45-109.
- ZWICK, A.; J.C. REGIER; C. MITTER & M.P. CUMMINGS. 2011. Increased gene sampling yields robust support for higher-level clades within Bombycoidea (Lepidoptera). **Systematic Entomology**, **36**: 31-43.

APÊNDICE

Guia Ilustrado dos Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) da Estação Biológica de Boraceia, Salesópolis, São Paulo

APRESENTAÇÃO

Este guia é composto por três partes, que são descritas a seguir:

Parte I

Trata-se da lista das espécies de esfingídeos da Estação Biológica de Boraceia (EBB), ordenadas de acordo com a numeração em que são apresentadas no decorrer do Guia.

Parte II

São apresentadas todas as espécies, organizadas por subfamília e tribo. Para cada espécie são disponibilizadas informações sobre abundância na EBB, meses em que foram registradas e, no caso das espécies que foram amostradas nas expedições do presente estudo, horário da noite em que foram coletadas.

Para as espécies que tiveram abundância superior a seis indivíduos nas coletas do presente estudo, os dados de horário de captura são apresentados em gráficos de abundância por horário de coleta ao longo da noite, com distinção entre os sexos. Nestes gráficos o tempo total de amostragem durante a noite é dividido em 24 intervalos de meia hora de duração, de forma que o Intervalo 1 (I1) corresponde ao período entre 18:00h e 18:30h, o I2 ao período entre 18:30h e 19:00h, e assim por diante até o I24 (05:30h a 06:00h). Mais detalhes sobre a organização dos dados por horário de coleta podem ser consultados em Material e Métodos desta dissertação. O número entre parênteses no título de cada gráfico corresponde à abundância total da espécie nas coletas deste estudo.

Parte III

São apresentadas fotografias de todas as espécies, seguindo a mesma numeração utilizada nas seções anteriores. Foram fotografados preferencialmente exemplares provenientes da EBB. Nos casos em que isto não foi possível (por indisponibilidade de exemplares de ambos os sexos oriundos da Estação ou por estarem os espécimes da EBB excessivamente danificados) a localidade de coleta do indivíduo fotografado é mencionada juntamente com as demais informações da espécie (Parte II).

Para cada espécie são disponibilizadas imagens de ambos os sexos (exceto no caso de algumas espécies das quais não se dispõe de fêmea na coleção do MZUSP), em vista dorsal (à esquerda) e ventral (à direita). Todas as fotografias acompanham uma barra de escala que corresponde a 1 cm.

As fotografias foram feitas com uma Nikon D90, equipada com uma lente AF-S DX Nikkor 18-105mm f/3.5-5.6G.

PARTE I: Lista de espécies

Lista de espécies de Sphingidae coletadas na Estação Biológica de Boraceia, Salesópolis, São Paulo, de 1940 a 2013. A numeração das espécies é a mesma utilizada nas demais seções do Guia.

	Gênero	Espécie	Subespécie	Autoria
1	<i>Aellopos</i>	<i>fadus</i>		(Cramer, 1775)
2	<i>Aellopos</i>	<i>titan</i>	<i>titan</i>	(Cramer, 1777)
3	<i>Callionima</i>	<i>falcifera</i>	<i>falcifera</i>	(Gehlen, 1943)
4	<i>Callionima</i>	<i>inuus</i>		(Rothschild & Jordan, 1903)
5	<i>Callionima</i>	<i>nomius</i>		(Walker, 1856)
6	<i>Callionima</i>	<i>parce</i>		(Fabricius, 1775)
7	<i>Enyo</i>	<i>gorgon</i>		(Cramer, 1777)
8	<i>Enyo</i>	<i>lugubris</i>	<i>lugubris</i>	(Linnaeus, 1771)
9	<i>Enyo</i>	<i>ocypete</i>		(Linnaeus, 1758)
10	<i>Erinnyis</i>	<i>alope</i>	<i>alope</i>	(Drury, 1773)
11	<i>Erinnyis</i>	<i>crameri</i>		(Schaus, 1898)
12	<i>Erinnyis</i>	<i>ello</i>	<i>ello</i>	(Linnaeus, 1758)
13	<i>Erinnyis</i>	<i>lassauxii</i>		(Boisduval, 1859)
14	<i>Erinnyis</i>	<i>obscura</i>	<i>obscura</i>	(Fabricius, 1775)
15	<i>Erinnyis</i>	<i>oenotrus</i>		(Cramer, 1780)
16	<i>Hemeroplanes</i>	<i>longistriga</i>		(Rothschild & Jordan, 1903)
17	<i>Hemeroplanes</i>	<i>ornatus</i>		Rothschild, 1894
18	<i>Hemeroplanes</i>	<i>triptolemus</i>		(Cramer, 1779)
19	<i>Isognathus</i>	<i>australis</i>		Clark, 1917
20	<i>Isognathus</i>	<i>caricae</i>	<i>caricae</i>	(Linnaeus, 1758)
21	<i>Madoryx</i>	<i>plutonium</i>	<i>plutonium</i>	(Hübner, [1819])
22	<i>Nyceryx</i>	<i>coffaeae</i>		(Walker, 1856)
23	<i>Nyceryx</i>	<i>continua</i>	<i>continua</i>	(Walker, 1856)
24	<i>Nyceryx</i>	<i>nictitans</i>	<i>nictitans</i>	(Boisduval, [1875])
25	<i>Pachylia</i>	<i>ficus</i>		(Linnaeus, 1758)
26	<i>Pachylioides</i>	<i>resumens</i>		(Walker, 1856)
27	<i>Perigonia</i>	<i>lusca</i>	<i>lusca</i>	(Fabricius, 1777)
28	<i>Perigonia</i>	<i>passerina</i>		Boisduval, [1875]
29	<i>Perigonia</i>	<i>stulta</i>		Herrich-Schäffer, [1854]
30	<i>Pseudosphinx</i>	<i>tetrio</i>		(Linnaeus, 1771)
31	<i>Hyles</i>	<i>euphorbiarum</i>		(Guérin-Méneville & Percheron, 1835)

Lista de espécies. Continuação.

	Gênero	Espécie	Subespécie	Autoria
32	<i>Xylophanes</i>	<i>aglaor</i>		(Boisduval, [1875])
33	<i>Xylophanes</i>	<i>ceratomioides</i>		(Grote & Robinson, 1867)
34	<i>Xylophanes</i>	<i>chiron</i>	<i>nechus</i>	(Cramer, 1777)
35	<i>Xylophanes</i>	<i>indistincta</i>		Closs, 1915
36	<i>Xylophanes</i>	<i>isaon</i>		(Boisduval, [1875])
37	<i>Xylophanes</i>	<i>loelia</i>		(Druce, 1878)
38	<i>Xylophanes</i>	<i>marginalis</i>		Clark, 1917
39	<i>Xylophanes</i>	<i>pistacina</i>		(Boisduval, [1875])
40	<i>Xylophanes</i>	<i>pluto</i>		(Fabricius, 1777)
41	<i>Xylophanes</i>	<i>porcus</i>	<i>continentalis</i>	Rothschild & Jordan, 1903
42	<i>Xylophanes</i>	<i>schausi</i>	<i>schausi</i>	(Rothschild, 1894)
43	<i>Xylophanes</i>	<i>tersa</i>	<i>tersa</i>	(Linnaeus, 1771)
44	<i>Xylophanes</i>	<i>thyelia</i>	<i>thyelia</i>	(Linnaeus, 1758)
45	<i>Xylophanes</i>	<i>titana</i>		(Druce, 1878)
46	<i>Xylophanes</i>	<i>xylobotes</i>		(Burmeister, 1878)
47	<i>Eumorpha</i>	<i>analís</i>		(Rothschild & Jordan, 1903)
48	<i>Eumorpha</i>	<i>anchemolus</i>		(Cramer, 1779)
49	<i>Eumorpha</i>	<i>fasciatus</i>	<i>fasciatus</i>	(Sulzer, 1776)
50	<i>Eumorpha</i>	<i>labruscae</i>	<i>labruscae</i>	(Linnaeus, 1758)
51	<i>Eumorpha</i>	<i>megaeacus</i>		(Hübner, [1819])
52	<i>Eumorpha</i>	<i>obliquus</i>	<i>orientis</i>	(Daniel, 1949)
53	<i>Eumorpha</i>	<i>translineatus</i>		(Rothschild, 1895)
54	<i>Adhemarius</i>	<i>daphne</i>	<i>daphne</i>	(Boisduval, [1875])
55	<i>Adhemarius</i>	<i>eurysthenes</i>		(R. Felder, [1874])
56	<i>Adhemarius</i>	<i>gagarini</i>		(Zikán, 1935)
57	<i>Adhemarius</i>	<i>gannascus</i>		(Stoll, 1790)
58	<i>Adhemarius</i>	<i>palmeri</i>		(Boisduval, [1875])
59	<i>Orecta</i>	<i>lycidas</i>	<i>lycidas</i>	(Boisduval, [1875])
60	<i>Protambulyx</i>	<i>eurycles</i>		(Herrich-Schäffer, [1854])
61	<i>Protambulyx</i>	<i>strigilis</i>		(Linnaeus, 1771)
62	<i>Agrius</i>	<i>cingulata</i>		(Fabricius, 1775)
63	<i>Amphimoea</i>	<i>walkeri</i>		(Boisduval, [1875])
64	<i>Cocytius</i>	<i>antaeus</i>		(Drury, 1773)
65	<i>Cocytius</i>	<i>beelzebuth</i>		(Boisduval, [1875])
66	<i>Cocytius</i>	<i>duponchel</i>		(Poey, 1832)
67	<i>Cocytius</i>	<i>lucifer</i>		Rothschild & Jordan, 1903
68	<i>Lintneria</i>	<i>justiciae</i>		(Walker, 1856)
69	<i>Manduca</i>	<i>albiplaga</i>		(Walker, 1856)

Lista de espécies. Continuação.

	Gênero	Espécie	Subespécie	Autoria
70	<i>Manduca</i>	<i>brasiliensis</i>		(Jordan, 1911)
71	<i>Manduca</i>	<i>contracta</i>		(Butler, 1875)
72	<i>Manduca</i>	<i>dalica</i>	<i>anthina</i>	(Jordan, 1911)
73	<i>Manduca</i>	<i>diffissa</i>	<i>petuniae</i>	(Boisduval, [1875])
74	<i>Manduca</i>	<i>florestan</i>		(Stoll, 1782)
75	<i>Manduca</i>	<i>hannibal</i>	<i>hamilcar</i>	(Boisduval, [1875])
76	<i>Manduca</i>	<i>incisa</i>		(Walker, 1856)
77	<i>Manduca</i>	<i>lefeburii</i>	<i>lefeburii</i>	(Guérin-Méneville, [1844])
78	<i>Manduca</i>	<i>lichenea</i>		(Burmeister, 1855)
79	<i>Manduca</i>	<i>rustica</i>	<i>rustica</i>	(Fabricius, 1775)
80	<i>Manduca</i>	<i>sexta</i>	<i>paphus</i>	(Cramer, 1779)
81	<i>Neococytius</i>	<i>cluentius</i>		(Cramer, 1775)

PARTE II: Caracterização das espécies

Subfamília Macroglossinae

Tribo Dilophonotini

1. *Aellopos fadus* (Cramer, 1775)

Espécie pertencente a um gênero diurno ou crepuscular, o que pode ser uma explicação para a baixa abundância nas coletas na EBB. Embora o método de coleta não conste nas etiquetas dos espécimes provenientes da Estação, há indícios de que os mesmos não tenham sido coletados com armadilha luminosa. Espécie não amostrada nas coletas do presente estudo. Janeiro é o único mês com registro.

O macho fotografado foi coletado no Rio de Janeiro (RJ) e a fêmea em Itacoatiara (AM).

2. *Aellopos titan titan* (Cramer, 1777)

Assim como *A. fadus*, trata-se de uma espécie diurna ou crepuscular e muito pouco amostrada na EBB; também não foi coletada no presente estudo. Registrada nos meses de outubro a janeiro.

O macho fotografado provém de Minas Gerais (Rio Matipó) e a fêmea de São Paulo (SP).

3. *Callionima falcifera falcifera* (Gehlen, 1943)

Espécie muito rara na EBB. Os poucos indivíduos provenientes da Estação estavam identificados como *C. parce*, motivo pelo qual sua ocorrência no local era desconhecida até 2012. Espécie não coletada no presente estudo, com registro apenas em janeiro e agosto.

A fêmea fotografada foi coletada no Rio de Janeiro (RJ).

4. *Callionima inuus* (Rothschild & Jordan, 1903)

Espécie pouco comum na EBB. Apenas três indivíduos foram coletados no presente estudo, todos entre 18:30h e 20:00h. Conta com registros de janeiro a abril e de julho a setembro.

5. *Callionima nomius* (Walker, 1856)

Espécie bastante abundante na EBB, sendo a mais comum do gênero *Callionima*. Junho é o único mês no qual nunca foi registrada.

6. *Callionima parce* (Fabricius, 1775)

Espécie relativamente comum na EBB, com registro para todos os meses, exceto maio e junho.

7. *Enyo gorgon* (Cramer, 1777)

Sua ocorrência na EBB foi registrada pela primeira vez durante este estudo, com um único indivíduo coletado entre 18:00h e 18:30h de uma noite de maio.

O macho fotografado foi coletado na Serra do Japi (Jundiaí, SP).

8. *Enyo lugubris lugubris* (Linnaeus, 1771)

Embora relativamente comum na EBB em coletas antigas, esta espécie teve apenas três exemplares coletados no presente estudo, em horários bem variados (por volta das 20h, da meia-noite e das 4h). Registrada nos meses de julho a fevereiro e em maio.

9. *Enyo ocypete* (Linnaeus, 1771)

Espécie historicamente incomum na EBB, mas neste estudo foi mais abundante do que as outras do gênero *Enyo*. Possui registro para os meses de janeiro a março e de julho a novembro.

A fêmea fotografada é proveniente do Parque Nacional do Itatiaia (RJ).

10. *Erinnyis alope alope* (Drury, 1773)

Espécie bastante comum na EBB, já registrada em todos os meses.

11. *Erinnyis crameri* (Schaus, 1898)

Espécie pouco coletada no presente estudo (apenas quatro indivíduos), embora tenha sido um pouco mais comum em coletas antigas. Tem registro para todos os meses. Neste estudo, foi amostrada entre 19:00h e 20:00h e por volta da meia-noite.

12. *Erinnyis ello ello* (Linnaeus, 1758)

Espécie muito abundante na EBB, sobretudo nas coletas deste estudo. Não tem registro para maio e junho.

13. *Erinnyis lassauxii* (Boisduval, 1859)

Espécie rara na EBB, com apenas quatro indivíduos coletados no presente estudo (em horários variados ao longo da noite, inclusive após as 5h). Registrada nos meses de março, abril, junho a setembro e novembro.

14. *Erinnyis obscura obscura* (Fabricius, 1775)

Espécie rara na EBB. Coletou-se um único indivíduo durante este estudo, entre 00:30h e 01:00h. Possui registro para os meses de abril a junho e setembro a dezembro.

A fêmea fotografada foi coletada em Campos do Jordão (SP).

15. *Erinnyis oenotrus* (Cramer, 1780)

Espécie extremamente comum na EBB. É a terceira mais coletada no local, considerando-se todo o esforço amostral já realizado. Apesar disso, nunca foi registrada nos meses de maio e junho.

16. *Hemeroplanes longistriga* (Rothschild & Jordan, 1903)

Espécies muito rara na EBB. Coletou-se apenas um indivíduo no presente estudo, entre 19:00h e 19:30h. Possui registro para quatro meses esparsos: janeiro, março, julho e novembro.

A fêmea fotografada é proveniente de Timbó (SC).

17. *Hemeroplanes ornatus* Rothschild, 1894

Espécie que conta com um único indivíduo coletado na EBB, em dezembro de 1958.

A fêmea fotografada foi coletada em Óbidos (PA).

18. *Hemeroplanes triptolemus* (Cramer, 1779)

Espécie muito rara na EBB, assim como as outras do gênero *Hemeroplanes*. Apesar de o primeiro exemplar ter sido coletado em 1961, a ocorrência desta espécie na EBB nunca foi reportada na literatura, pelo fato de este indivíduo estar depositado na coleção do Museu Nacional da UFRJ. No presente estudo foram coletados mais três espécimes (dois entre 18:00h e 18:30h e um entre 04:00h e 04:30h). Registrada em abril, junho, setembro e novembro.

A fêmea fotografada provém de Joinville (SC).

19. *Isognathus australis* Clark, 1917

Espécie nunca registrada na EBB anteriormente às expedições deste estudo. O único indivíduo foi coletado entre 18:30h e 19:00h de uma noite de abril.

A fêmea fotografada foi coletada no Rio Grande do Sul (localidade desconhecida).

20. *Isognathus caricae caricae* (Linnaeus, 1758)

Espécie não registrada durante este estudo e representada por um único indivíduo coletado em setembro de 1950.

O macho fotografado foi coletado em Ilhabela (SP).

21. *Madoryx plutonius plutonius* (Hübner, [1819])

Espécie muito rara na EBB, conta com apenas dois indivíduos provenientes do local. Um deles foi coletado neste estudo, entre 19:30h e 20:00h. Registrada em fevereiro e março.

O macho fotografado foi coletado em Porto Velho (RO) e a fêmea na Serra do Japi (Jundiaí, SP).

22. *Nyceryx coffaeae* (Walker, 1856)

Conta com apenas dois indivíduos provenientes da EBB, coletados em março e dezembro de 1958.

Devido à ausência de fêmeas desta espécie na coleção do MZUSP, fotografou-se apenas um macho.

23. *Nyceryx continua continua* (Walker, 1856)

Espécie relativamente comum na EBB, tendo sido registrada nos meses de janeiro a maio e de agosto a novembro.

24. *Nyceryx nictitans nictitans* (Boisduval, [1875])

Espécie pouco abundante na EBB em coletas antigas, mas relativamente comum nas expedições deste estudo. Não possui registro apenas para os meses de abril e junho.

25. *Pachylia ficus* (Linnaeus, 1758)

Espécie coletada com frequência razoavelmente baixa na EBB, tendo sido registrada de agosto a janeiro e em março.

26. *Pachylioides resumens* (Walker, 1856)

Espécie relativamente incomum na EBB. Nunca foi registrada em maio, junho e julho.

27. *Perigonia lusca lusca* (Fabricius, 1777)

Espécie muito rara na EBB, representada por um indivíduo coletado em setembro de 1947 e outro no presente estudo, entre 18:00h e 18:30h de uma noite de maio. A exemplo de *Hemeroplanes triptolemus*, a ocorrência de *P. l. lusca* na EBB nunca foi relatada na literatura pelo fato de o indivíduo antigo se encontrar na coleção do Museu Nacional da UFRJ.

A fêmea fotografada foi coletada em Manaus (AM).

28. *Perigonia passerina* Boisduval, [1875]

Espécie pouco coletada na EBB, tendo sido capturados apenas três indivíduos no presente estudo (dois entre 18:30h e 19:00h e um entre 20:00h e 20:30). Registrada em janeiro, fevereiro, agosto, setembro e outubro.

A fêmea fotografada provém de Bodoquena (MS).

29. *Perigonia stulta* Herrich-Schäffer, [1854]

Espécie bastante comum na EBB, com registro para todos os meses.

30. *Pseudosphinx tetrio* (Linnaeus, 1771)

Espécie comum na EBB. Foi registrada em todos os meses exceto junho e dezembro.

Subfamília Macroglossinae

Tribo Macroglossini

31. *Hyles euphorbiarum* (Guérin-Ménéville & Percheron, 1835)

Conta com apenas dois indivíduos coletados na EBB: um em setembro de 1968 e outro neste estudo, entre 21:30h e 22:00h de uma noite de março.

A fêmea fotografada foi coletada em Campos do Jordão (SP).

32. *Xylophanes aglaor* (Boisduval, [1875])

Espécie bastante comum na EBB, já registrada em todos os meses.

33. *Xylophanes ceratomioides* (Grote & Robinson, 1867)

Espécie comum na EBB. Sem registro para maio, junho e julho.

34. *Xylophanes chiron nechus* (Cramer, 1777)

Espécie muito abundante na EBB, com registro para todos os meses.

35. *Xylophanes indistincta* Closs, 1915

Espécie muito rara na EBB. Após ter sido registrada pela primeira vez em julho de 1949, mais um exemplar só veio a ser coletado neste estudo (entre 19:00h e 19:30h de uma noite de outubro).

O macho fotografado foi coletado na Serra do Japi (Jundiaí, SP) e a fêmea em Campos do Jordão (SP).

36. *Xylophanes isaon* (Boisduval, [1875])

Espécie não muito comum na EBB. Já foi registrada de janeiro a março e de agosto a novembro.

A fêmea fotografada provém de Santa Catarina (Rio Vermelho).

37. *Xylophanes loelia* (Druce, 1878)

Assim como *X. indistincta*, conta com apenas dois exemplares provenientes da EBB: um muito antigo (coletado em abril de 1948) e outro obtido no presente estudo (entre 22:00h e 22:30h de uma noite de setembro).

38. *Xylophanes marginalis* Clark, 1917

Espécie pouco coletada na EBB, em especial nas expedições deste estudo, que resultaram na obtenção de apenas dois exemplares (ambos por volta das 20h ou 21h). Os únicos meses com registro são setembro e outubro.

39. *Xylophanes pistacina* (Boisduval, [1875])

Espécie rara na EBB. Conta com apenas dois exemplares provenientes de coletas antigas, porém mais três indivíduos foram coletados no presente estudo (todos entre 20:00h e 00:00h). Registrada em setembro, novembro e dezembro.

A coleção do MZUSP não conta com fêmeas de *X. pistacina*, de forma que apenas um macho foi fotografado.

40. *Xylophanes pluto* (Fabricius, 1777)

Espécie incomum na EBB. Apesar de certo número de exemplares ter sido coletado historicamente (o mais recente em 1969), a espécie não foi amostrada nas expedições deste estudo. Já foi registrada em janeiro e nos meses de junho a novembro.

É importante ressaltar que esta espécie apresenta as asas anteriores e o corpo dorsalmente em tom esverdeado, cor que desbota nos indivíduos preservados, tornando-os alaranjados. A coleção do MZUSP, porém, não conta com exemplares recentes de *X. pluto*, fazendo com que as imagens aqui disponibilizadas não ilustrem fielmente a coloração da espécie.

41. *Xylophanes porcus continentalis* Rothschild & Jordan, 1903

Espécie relativamente incomum na EBB. Tem registro para todos os meses exceto junho e julho.

A fêmea fotografada foi coletada no estado de São Paulo (localidade desconhecida).

42. *Xylophanes schausi schausi* (Rothschild, 1894)

Espécie que conta com um único indivíduo coletado na EBB, em março de 1950.

O macho fotografado foi coletado no Parque Nacional do Itatiaia (RJ).

43. *Xylophanes tersa tersa* (Linnaeus, 1771)

Espécie coletada com frequência na EBB. Junho é o único mês em que nunca foi registrada.

44. *Xylophanes thyelia thyelia* (Linnaeus, 1758)

Espécie extremamente comum na EBB. Foi a mais abundante nas coletas históricas e a segunda mais abundante nas amostragens do presente estudo. Pode ser coletada em todos os meses.

45. *Xylophanes titana* (Druce, 1878)

Espécie bastante comum na EBB, mas nunca foi registrada em junho e julho.

46. *Xylophanes xylobotes* (Burmeister, 1878)

Espécie comum na EBB. Tem registro para todos os meses exceto novembro.

Subfamília Macroglossinae

Tribo Philampelini

47. *Eumorpha analis* (Rothschild & Jordan, 1903)

Embora tenha sido incomum nas amostragens históricas na EBB, foi coletada com frequência razoável nas expedições deste estudo. Registrada de novembro a abril.

48. *Eumorpha anchemolus* (Cramer, 1779)

Espécie razoavelmente incomum na EBB, principalmente nas coletas do presente estudo. Tem registros para os meses de setembro a fevereiro, além de abril e julho.

49. *Eumorpha fasciatus fasciatus* (Sulzer, 1776)

Espécie incomum na EBB, sobretudo recentemente. Teve certo número de exemplares coletados historicamente (o mais recente em 1968), mas não foi registrada nas expedições deste estudo. Já foi amostrada nos meses de outubro a fevereiro e em maio.

50. *Eumorpha labruscae labruscae* (Linnaeus, 1758)

Espécie relativamente rara na EBB. Embora apenas um exemplar tenha sido coletado neste estudo (entre 03:00h e 03:30h), um número de indivíduos um pouco maior foi obtido nas coletas antigas. Registrada em julho, agosto, setembro, novembro e dezembro.

51. *Eumorpha megaeacus* (Hübner, [1819])

Espécie representada por apenas três indivíduos coletados na EBB, o mais recente deles em 1965. Registrada em fevereiro, março e novembro.

A fêmea fotografada provém do estado de São Paulo (localidade desconhecida).

52. *Eumorpha obliquus orientis* (Daniel, 1949)

Espécie muito abundante na EBB, principalmente nas coletas deste estudo. Nunca foi registrada em maio e junho.

53. *Eumorpha translineatus* (Rothschild, 1895)

Espécie razoavelmente pouco coletada durante o presente estudo, mas que foi pouco mais comum em coletas antigas. Registrada apenas em dezembro, janeiro e fevereiro.

Subfamília Smerinthinae

Tribo Ambulycini

54. *Adhemarius daphne daphne* (Boisduval, [1875])

Espécie que teve, em coletas antigas na EBB, apenas um exemplar coletado (em 1957). Durante o presente estudo, porém, foram obtidos seis indivíduos, coletados em horários distribuídos ao longo da noite (desde pouco depois do crepúsculo até por volta das 3h). Registrada em fevereiro, abril, maio, junho, outubro e novembro.

55. *Adhemarius eurysthenes* (R. Felder, [1874])

Espécie extremamente abundante na EBB. Considerando-se todo o esforço amostral realizado no local, foi a espécie mais coletada. Com registro para todos os meses.

56. *Adhemarius gagarini* (Zikán, 1935)

Espécie que conta com apenas um indivíduo já coletado na EBB, em fevereiro de 1949.

O macho fotografado foi coletado em Porto Walter (AC). Devido à ausência de fêmeas de *A. gagarini* na coleção do MZUSP, apenas um macho foi fotografado.

57. *Adhemarius gannascus* (Stoll, 1970)

Espécie comum na EBB, já registrada em todos os meses.

58. *Adhemarius palmeri* (Boisduval, [1875])

Espécie pouco coletada na EBB. Além de um exemplar de 2004 (que correspondeu ao primeiro registro para a Estação), mais dois foram obtidos no presente estudo, coletados entre 01:30h e 03:00h. Os meses com registro são janeiro e abril.

A fêmea fotografada foi coletada na Serra do Cachimbo (PA).

59. *Orecta lycidas lycidas* (Boisduval, [1875])

Espécie rara na EBB. Apenas dois indivíduos foram coletados nas expedições deste estudo, em ambos os casos menos de uma hora após o crepúsculo. Registrada em setembro e janeiro.

O macho fotografado é proveniente da Serra do Japi (Jundiaí, SP) e a fêmea de Campos do Jordão (SP).

60. *Protambulyx eurycles* (Herrich-Schäffer, [1854])

Espécie pouco coletada na EBB. Quatro exemplares foram obtidos no presente estudo, todos entre 18:30h e 20:00h. Apesar da baixa frequência de amostragem, a espécie já foi registrada em vários meses: janeiro, fevereiro, abril, maio, agosto, outubro, novembro e dezembro.

A fêmea fotografada foi coletada em Timbó (SC).

61. *Protambulyx strigilis* (Linnaeus, 1771)

Espécie incomum na EBB. Mesmo assim, só não se tem registro para junho e setembro.

Subfamília Sphinginae

Tribo Acherontiini

62. *Agrius cingulata* (Fabricius, 1775)

Espécie comum na EBB. Já registrada em todos os meses exceto junho.

Subfamília Sphinginae

Tribo Sphingini

63. *Amphimoea walkeri* (Boisduval, [1875])

Espécie muito rara na EBB. Após o primeiro registro, em fevereiro de 1948, só voltou a ser representada por um indivíduo coletado neste estudo, entre 20:00h e 20:30h de uma noite de novembro.

O macho fotografado provém do Rio de Janeiro (RJ).

64. *Cocytius antaeus* (Drury, 1773)

Espécie rara na EBB. Durante o presente estudo foram coletados apenas dois exemplares (um entre 02:00h e 02:30h e outro entre 04:30h e 05:00h). Tem registro para os meses de junho a outubro.

65. *Cocytius beelzebuth* (Boisduval, [1875])

Espécie pouco frequente na EBB. Apenas quatro indivíduos foram coletados nas expedições deste estudo: um entre 19:00h e 19:30h, dois entre 21:00h e 22:00h e outro entre 04:30h e 05:00h. Já registrada de novembro a janeiro e em agosto e setembro.

66. *Cocytius duponchel* (Poey, 1832)

Espécie abundante na EBB, principalmente em coletas antigas. Foi registrada em todos os meses.

67. *Cocytius lucifer* Rothschild & Jordan, 1903

Espécie historicamente pouco coletada, mas foi relativamente frequente nas expedições deste estudo. Tem registro para os meses de fevereiro a abril e julho a outubro.

68. *Lintneria justiciae* (Walker, 1856)

Espécie incomum na EBB. Apesar de um número razoável de exemplares ter sido obtido em coletas antigas (o mais recente em 1968), não foi registrada durante o presente estudo. Coletada em fevereiro, março, abril, novembro e dezembro.

69. *Manduca albiplaga* (Walker, 1856)

Espécie muito rara na EBB, representada por apenas dois indivíduos coletados em fevereiro de 1948 e janeiro de 1950.

O macho fotografado foi coletado no Parque Nacional do Itatiaia (RJ) e a fêmea no Rio de Janeiro (RJ).

70. *Manduca brasiliensis* (Jordan, 1911)

Espécie muito comum na EBB, tendo sido especialmente abundante nas coletas deste trabalho. Só não foi registrada em maio, junho e julho.

71. *Manduca contracta* (Butler, 1875)

Espécie incomum na EBB, representada por certo número de indivíduos coletados historicamente, mas não registrada neste estudo. Os exemplares depositados na coleção do MZUSP estavam identificados como *M. lucetius*, de modo que a ocorrência de *M. contracta* na EBB nunca foi relatada na literatura. Tem registro para janeiro, fevereiro, setembro e outubro.

72. *Manduca dalica anthina* (Jordan, 1911)

Espécie relativamente comum na EBB, embora tenha sido mais abundante em coletas antigas do que durante este estudo. Já registrada nos meses de outubro a março e em maio.

73. *Manduca diffissa petuniae* (Boisduval, [1875])

Espécie razoavelmente comum na EBB. Só não foi registrada em junho, julho e agosto.

74. *Manduca florestan* (Stoll, 1782)

Embora tenha sido relativamente incomum em coletas históricas, esta espécie chama atenção por ter sido a terceira mais abundante no presente estudo. Setembro é o único mês em que nunca foi registrada.

75. *Manduca hannibal hamilcar* (Boisduval, [1875])

Espécie representada por um único indivíduo proveniente da EBB, coletado em julho de 1946.

O macho fotografado foi coletado em Angra dos Reis (RJ) e a fêmea em Juquiá (SP).

76. *Manduca incisa* (Walker, 1856)

Espécie muito rara na EBB. Apenas dois exemplares foram coletados na Estação: um em outubro de 1991 e outro neste estudo, entre 20:30h e 21:00h de uma noite de setembro.

A fêmea fotografada provém do estado de São Paulo (localidade desconhecida).

77. *Manduca lefeburii lefeburii* (Guérin-Méneville, [1844])

Espécie registrada pela primeira vez na EBB durante o presente estudo. O único indivíduo foi coletado entre 22:30h e 23:00h de uma noite de outubro.

A fêmea fotografada foi coletada no Rio de Janeiro (RJ).

78. *Manduca lichenea* (Burmeister, 1855)

Espécie relativamente comum na EBB. Registrada nos meses de agosto a novembro.

79. *Manduca rustica rustica* (Fabricius, 1775)

Espécie pouco coletada na EBB e não amostrada no presente estudo. Tem registro para janeiro, março, agosto, outubro e novembro.

80. *Manduca sexta paphus* (Cramer, 1779)

Espécie rara na EBB, não registrada nas expedições deste estudo. Já foi registrada em fevereiro, março, setembro e novembro.

81. *Neococytius cluentius* (Cramer, 1775)

Embora tenha sido relativamente comum na EBB em coletas históricas, esta espécie foi representada por apenas oito indivíduos nas expedições do presente estudo. Tem registro para todos os meses.

PARTE III: Fotografias

1. *Aellopos fadus*

♂

♀

2. *Aellopos titan titan*

♂

♀

3. *Callionima falcifera falcifera*

♂

♀

4. *Callionima inuus*

♂

♀

5. *Callionima nomius*

♂

♀

6. *Callionima parce*

♂

♀

7. *Enyo gorgon*

♂

♀

8. *Enyo lugubris lugubris*

♂

♀

9. *Enyo ocypete*

♂

♀

10. *Erinnyis alope alope*

♂

♀

11. *Erinnyis crameri*

♂

♀

12. *Erinnyis ello ello*

♂

♀

13. *Erinnyis lassauxii*

♂

♀

14. *Erinnyis obscura obscura*

♂

♀

15. *Erinnyis oenotrus*

♂

♀

16. *Hemeroplanes longistriga*

♂

♀

17. *Hemeroplanes ornatus*

♂

♀

18. *Hemeroplanes triptolemus*

♂

♀

19. *Isognathus australis*

♂

♀

20. *Isognathus caricae caricae*

♂

♀

21. *Madoryx plutonius plutonius*

♂

♀

22. *Nyceryx coffaeae*

♂

23. *Nyceryx continua continua*

♂

♀

24. *Nyceryx nictitans nictitans*

♂

♀

25. *Pachylia ficus*

♂

♀

26. *Pachylioides resumens*

♂

♀

27. *Perigonia lusca lusca*

♂

♀

28. *Perigonia passerina*

♂

♀

29. *Perigonia stulta*

♂

♀

30. *Pseudosphinx tetrio*

♂

♀

31. *Hyles euphorbiarum*

♂

♀

32. *Xylophanes aglaor*

♂

♀

33. *Xylophanes ceratomioides*

♂

♀

34. *Xylophanes chiron nechus*

♂

♀

35. *Xylophanes indistincta*

♂

♀

36. *Xylophanes isaon*

♂

♀

37. *Xylophanes loelia*

♂

♀

38. *Xylophanes marginalis*

♂

♀

39. *Xylophanes pistacina*

♂

40. *Xylophanes pluto*

♂

♀

41. *Xylophanes porcus continentalis*

♂

♀

42. *Xylophanes schausi schausi*

♂

♀

43. *Xylophanes tersa tersa*

♂

♀

44. *Xylophanes thyelia thyelia*

♂

♀

45. *Xylophanes titana*

♂

♀

46. *Xylophanes xylobotes*

♂

♀

47. *Eumorpha analis*

♂

♀

48. *Eumorpha anchemolus*

♂

♀

49. *Eumorpha fasciatus fasciatus*

♂

♀

50. *Eumorpha labruscae labruscae*

♂

♀

51. *Eumorpha megaeacus*

♂

♀

52. *Eumorpha obliquus orientis*

♂

♀

53. *Eumorpha translineatus*

♂

♀

54. *Adhemarius daphne daphne*

♂

♀

55. *Adhemarius eurysthenes*

♂

♀

56. *Adhemarius gagarini*

♂

57. *Adhemarius gannascus*

♂

♀

58. *Adhemarius palmeri*

♂

♀

59. *Orecta lycidas lycidas*

♂

♀

60. *Protambulyx eurycles*

♂

♀

61. *Protambulyx strigilis*

♂

♀

62. *Agrius cingulata*

♂

♀

63. *Amphimoea walkeri*

♂

♀

64. *Cocytius antaeus*

♂

♀

65. *Cocytius beelzebuth*

♂

♀

66. *Cocytius duponchel*

♂

♀

67. *Cocytius lucifer*

♂

♀

68. *Lintneria justiciae*

♂

♀

69. *Manduca albiplaga*

♂

♀

70. *Manduca brasiliensis*

♂

♀

71. *Manduca contracta*

♂

♀

72. *Manduca dalica anthina*

♂

♀

73. *Manduca diffissa petuniae*

♂

♀

74. *Manduca florestan*

♂

♀

75. *Manduca hannibal hamilcar*

♂

♀

76. *Manduca incisa*

♂

♀

77. *Manduca lefeburii lefeburii*

♂

♀

78. *Manduca lichenea*

♂

♀

79. *Manduca rustica rustica*

♂

♀

80. *Manduca sexta paphus*

♂

♀

81. *Neococytius cluentius*

♂

♀