



MARIA OSTILIA DE OLIVEIRA MARCHIORI

DIVERSIDADE DE BORBOLETAS (LEPIDOPTERA, PAPILIONOIDEA E
HESPERIOIDEA) EM FORMAÇÕES DE MATA DE RESTINGA E MATA DE
ARAUCÁRIA NO SUL DO BRASIL: SAZONALIDADE, VARIAÇÃO NA
ATIVIDADE DIÁRIA E EFICIÊNCIA AMOSTRAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Biologia Animal, Instituto de Biociências da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como
requisito parcial à obtenção do título de Doutor em
Biologia Animal.

Área de Concentração: Biodiversidade

Orientadora: Dra. Helena Piccoli Romanowski

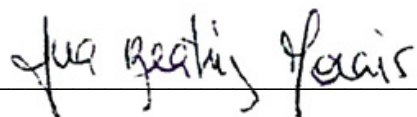
Co-orientador: Dr. Milton de Souza Mendonça Jr

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PORTO ALEGRE
2012

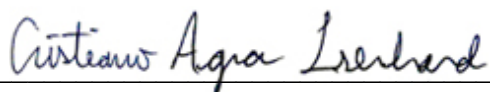
DIVERSIDADE DE BORBOLETAS (LEPIDOPTERA, PAPILIONOIDEA E
HESPERIOIDEA) EM FORMAÇÕES DE MATA DE RESTINGA E MATA DE
ARAUCÁRIA NO SUL DO BRASIL: SAZONALIDADE, VARIAÇÃO NA
ATIVIDADE DIÁRIA E EFICIÊNCIA AMOSTRAL

MARIA OSTILIA DE OLIVEIRA MARCHIORI

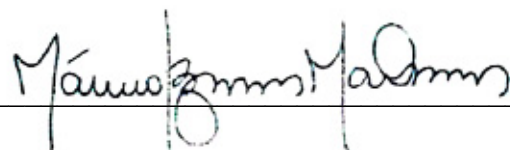
Aprovada em 10 de fevereiro de 2012.



Dr^a. Ana Beatriz Barros de Moraes



Dr. Cristiano Agra Iserhard



Dr. Márcio Borges Martins

Porto Alegre 2012

Para Júlia.
(*in memoriam*)

“It is a century now since Darwin gave us the first glimpse of the origin of species. We know now what was unknown to all the previous caravan of generations: that men are only fellow voyagers with other creatures in the odyssey of evolution. This new knowledge should have given us, by this time, a sense of kinship with other creatures: a wish to live and let live, a sense of wonder over the magnitude and duration of the biotic enterprise”.

Aldo Leopold - A Sand County Almanac



“Even for an ant or a seedling there is a correlation between its own weather and that of the meteorologist, but this correlation is complicated, not only for the ant and the seedling but also for the meteorologist and the biologist”.

P. H. Stoutjesdijk & J. J. Barkman
Microclimate: vegetation and fauna



“- How do you do know all that”, he said.
“- It’s obvious”.
“- Well then why didn’t I see it?”
“- You have to have some familiarity”
“- Then it’s not obvious, is it?”

P. M. Pirsig - Zen and the Art
of Motorcycle Maintenance

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Prof^a Dr^a Helena Piccoli Romanowski pela orientação, carinho, amizade e incentivo. Agradeço por toda a sua contribuição para o desenvolvimento desta tese, por me dar a oportunidade de iniciar e continuar este trabalho, por acreditar em mim e pela liberdade para criar e assim crescer cientificamente.

Ao Prof. Dr. Milton de Souza Mendonça Jr., meu co-orientador, pelas produtivas discussões e sugestões que muito me ajudaram. Agradeço por me fazer pensar além, pelo apoio, exemplo profissional e pela paciência com a minha eterna urgência.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal/UFRGS por me propiciar os meios necessários para a execução desta tese e ao CNPq, pela bolsa concedida.

À analista ambiental Edenice B. Ávila de Souza, diretora da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, pelo apoio logístico durante as saídas de campo.

À Divisão de Unidades de Conservação do Departamento de Florestas e Áreas Protegidas da Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, pela autorização concedida para a realização das saídas de campo ao Parque Estadual de Itapuã.

À Seção de Observação e Meteorologia Aplicada (SEOMA) do Oitavo Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pelos dados meteorológicos fornecidos.

Às queridas amigas Ana Luiza Gomes Paz, Fabiana de Camargo e Cristina Schiel Santiago pelo auxílio em campo.

Ao guarda parque Jairo Schwantz pelo companheirismo e animadas conversas durante as saídas ao Parque Estadual de Itapuã.

Ao amigo Cristiano Agra Iserhard, pela recepção aberta e sincera nos idos de 2001. Pelos ensinamentos, inúmeras saídas de campo, churrascos, “idéias” e, principalmente, pelo alegre convívio ao longo de mais de 10 anos. Q dzia!!

Ao Ricardo Russo Siewert e Andressa Caporale de Castro pela inestimável ajuda com todas as “coisas de última hora”.

A Marina Todeschini de Quadros, Jessie Pereira dos Santos e Ana Kristina Silva pelo maravilhoso convívio durante as saídas de campo na FLONA-SFP.

Às queridas amigas Melissa Oliveira Teixeira e Lidiane Luisa Fucilini, pelo exemplo em perseverança, amizade, motivação, parceria e pelo estímulo pra continuar.

Ao Daniel Souza Castro pela cantoria das madrugadas, piadas inigualáveis e alegria constante!

Ao Lucas Kaminski pela primeira ida ao campo, em busca de borboletas, e contágio com a paixão por estes encantadores bichinhos.

Ao Gerson Buss pelo eterno sorriso, simpatia e afabilidade. Pelas trocas de idéias, mesmo que rápidas, e pelo alto astral no convívio em laboratório.

À Prof^a Ana Beatriz Barros de Moraes pelo exemplo profissional, amizade, alegria pessoal, convivência, carinho e parceria profissional.

Ao Nicolás Oliveira Mega, pelas conversas no final de tudo em busca de uma luz, pelo apoio e a capacidade de objetivar!

Ao pessoal do Laboratório de Ecologia de Insetos: Adriano Cavalleri, Alexsandra Schantz, Éderson Pauletti, Eduardo Teixeira, Ernesto Schmidt, Liana Moreno, Pedro Marin, Silvia Pinnent, Simone Jahnke, Tyron Scholen e Vanessa Scalco pela troca de idéias e conhecimento, pelas alegrias e tristezas compartilhadas e, acima de tudo, pela convivência e aprendizagem diária.

Ao “pessoal” do Projeto Macacos Urbanos, que durante anos compartilhou o espaço do laboratório, e sempre me encantou com as suas belas conquistas.

A Prof^a Jocélia Grazia pela cordialidade, exemplo profissional e oportunidade de trocar idéias e participar de projetos em conjunto.

Ao Guilherme Seger pela força com todas as plantinhas.

Aos Professores Rosvita Schreiner, Luíza Redaelli, Luciano Moura e Augusto Ferrari pelas sugestões relevantes ao longo do desenvolvimento do presente trabalho.

Aos Doutores André Victor Lucci Freitas, Olaf Hermann Hendrik Mielke, Ronaldo Bastos Francini e Curtis Callaghan e ao Sr. Alfred Moser pelo auxílio na identificação de diversos exemplares de borboletas.

À Mônica de Assis Cabrera, por sempre estar.

À minha querida mãe, Maria Ricarda, pelo incentivo, compreensão e espera constante.

À minha querida vó, Ostilia, professora primária na campanha nos idos de 1930-40, que sempre me disse que: “Tudo na vida se pode perder, menos o que se consegue aprender”. Beijo Vó!

À todos aqueles que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

E ao Chimarrão, por me manter acordada nas infinitas madrugadas...

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| APRESENTAÇÃO | ix |
| 1. RESUMO | 1 |
| 2. INTRODUÇÃO | 3 |
| 2.1 <i>Borboletas e seu estudo no Rio Grande do Sul</i> | 4 |
| 2.2 <i>Variações temporais e ambientais</i> | 8 |
| 2.3 <i>Amostragem de borboletas</i> | 11 |
| 2.4 <i>Matas de Restinga</i> | 14 |
| 2.5 <i>Matas de Araucária</i> | 17 |
| 2.6 <i>Hipóteses do trabalho</i> | 19 |
| 3. OBJETIVOS | 20 |
| 3.1 <i>Geral</i> | 21 |
| 3.2 <i>Específicos</i> | 21 |
| 4. RESULTADOS GERAIS | 22 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 28 |
| 6. ARTIGOS | 46 |
| 6.1. Artigo 1 – <i>Borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea e Hesperioidea) em dois ambientes florestais contrastantes no sul do Brasil</i> | 47 |
| 6.1.1 <i>Introdução</i> | 49 |
| 6.1.2 <i>Material e Métodos</i> | 51 |
| 6.1.3 <i>Resultados e Discussão</i> | 55 |
| 6.1.4 <i>Conclusões</i> | 59 |
| 6.1.5 <i>Agradecimentos</i> | 60 |
| 6.1.6 <i>Bibliografia</i> | 60 |
| 6.2. Artigo 2 – <i>Sazonalidade de borboletas em Matas de Restinga e Matas de Araucária no extremo sul do Brasil</i> | 79 |
| 6.2.1 <i>Introdução</i> | 81 |
| 6.2.2 <i>Material e Métodos</i> | 83 |
| 6.2.3 <i>Resultados</i> | 87 |
| 6.2.4 <i>Discussão</i> | 91 |
| 6.2.5 <i>Conclusões</i> | 95 |
| 6.2.6 <i>Agradecimentos</i> | 96 |
| 6.2.7 <i>Referências</i> | 96 |

| | |
|---|-----|
| 6.3. Artigo 3- <i>Composição e variação ao longo do dia na assembleia de borboletas em formações de Mata de Restinga e Mata de Araucária no extremo sul do Brasil</i> | 111 |
| 6.3.1 <i>Introdução</i> | 113 |
| 6.3.2 <i>Material e Métodos</i> | 115 |
| 6.3.3 <i>Resultados</i> | 119 |
| 6.3.4 <i>Discussão</i> | 125 |
| 6.3.5 <i>Agradecimentos</i> | 130 |
| 6.3.6 <i>Referências</i> | 131 |
| 6.4. Artigo 4 – <i>Sampling efficiency in butterfly identification in two contrasting forest habitats of southern Brazil</i> | 147 |
| 6.4.1 <i>Introdution</i> | 149 |
| 6.4.2 <i>Materials and methods</i> | 151 |
| 6.4.3 <i>Results</i> | 155 |
| 6.4.4 <i>Discussion</i> | 158 |
| 6.4.5 <i>Acknowledgements</i> | 163 |
| 6.4.6 <i>References</i> | 164 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 176 |
| 8. APÊNDICES | 179 |

APRESENTAÇÃO

Esta tese é apresentada na forma de artigos, conforme a resolução nº 23/2009, artigo 43, parágrafo único, do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da UFRGS. Na primeira parte apresenta-se um resumo, uma introdução geral abordando de maneira ampla o assunto a ser tratado ao longo da tese, os objetivos do trabalho e uma síntese dos principais resultados obtidos. Na segunda parte são apresentados os artigos. O primeiro apresenta uma lista das borboletas registradas nas áreas de Mata de Restinga e Mata de Araucária e será submetido para publicação no periódico SHILAP Revta. lepid. O segundo aborda os padrões de sazonalidade da assembleia de borboletas nos diferentes locais de estudo e será submetido para publicação na revista Acta Oecologica. O terceiro trata sobre a variação ao longo do dia na composição desta assembleia em ambientes de Mata de Restinga e Mata de Araucária no Rio Grande do Sul e será submetido para publicação no periódico Journal of Insect Science. O quarto artigo apresenta uma análise da eficiência amostral na identificação de borboletas e foi submetido para publicação no periódico Methods in Ecology and Evolution. Na última parte são apresentadas as considerações finais com as conclusões gerais relativas ao conjunto da tese e os apêndices.

1. RESUMO

1. RESUMO

Este trabalho analisou espaço-temporalmente a assembleia de borboletas em Matas de Restinga e em Matas de Araucária no Rio Grande do Sul. Foram verificados aspectos de sazonalidade, variação na atividade diária e eficiência amostral. O estudo foi desenvolvido no Parque Estadual de Itapuã (30°22'S 51°02'W) e na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (29°24' S 50°22' W). Foram realizadas duas saídas a campo por estação do ano para cada formação vegetal (32 no total), de julho de 2007 a maio de 2009. As borboletas foram registradas das 8:00 às 17:45 através do método de observação de varredura e com auxílio de rede entomológica. Foi elaborada uma lista de espécies e foram avaliadas a suficiência amostral, calculados estimadores analíticos de riqueza de espécies e índices de diversidade, avaliadas as curvas de distribuição de abundância, utilizadas análises de Rarefação baseada em indivíduo, de Agrupamento através da istância média (UPGMA), SIMPER, NPMANOVA, Escalonamento Multidimensional não Métrico (NMDS), Regressão Múltipla e Análise de Correspondência Canônica (CCA). A eficiência amostral na identificação de borboletas até espécie também foi mensurada. Após 480 horas de amostragens, foram registrados 3.347 indivíduos distribuídos em 188 espécies e subespécies de borboletas, pertencentes a seis famílias. Dentre estas, 61 espécies são novas ocorrências para a Mata de Restinga, 13 para a Mata de Araucária e três são novos registros para o Rio Grande do Sul. A sazonalidade afetou a diversidade e a composição de borboletas. Na Mata de Restinga, a riqueza foi maior na primavera e a abundância no outono. Na Mata de Araucária o outono foi a estação com maior riqueza e abundância de borboletas. As espécies raras prevaleceram e 20% do total de espécies registradas foram sazonais. Nymphalidae e Hesperidae determinam o padrão geral de diversidade das assembleias ao longo do tempo. A temperatura foi a variável que melhor explicou a diversidade em ambos locais de estudo. Ao longo do dia, na Mata de Restinga, o horário com maior diversidade foi às 11:00 e na Mata de Araucária, foi entre 10:00 e 11:00. A CCA evidenciou o papel do vento e da temperatura na atividade e na sazonalidade das assembleias, em ambas formações vegetais. O horário das 10:00 às 16:00 comprovou ser efetivo para maximização do registro de espécies no interior das matas em ambos locais de estudo. A eficiência amostral foi alta e não houve relação entre o número de indivíduos não identificados até espécie e a densidade geral de borboletas. O gênero *Actinote* Hübner, [1819] foi o único táxon com perdas superiores a 50% nas identificações e somente na Mata de Araucária. Apesar do contraste entre a fitofisionomia das áreas de estudo e da diferença na composição das assembleias de borboletas, foi possível registrar, em ambas localidades, a margem de erro da técnica empregada. Variações temporais em insetos podem ser verificadas mesmo em pequenas escalas de latitude e altitude. Entender estes padrões pode ser uma ferramenta útil para conservação e monitoramento de ambientes ameaçados. Espera-se que a presente abordagem sirva de estímulo para estudos sobre a lepidopterofauna em regiões subtropicais.

2. INTRODUÇÃO

2. INTRODUÇÃO

2.1. Borboletas e seu estudo no Rio Grande do Sul

A ordem Lepidoptera apresenta cerca de 146.000 espécies descritas, compondo a segunda maior ordem de insetos (Aguiar et al. 2009). As Borboletas (Papilionoidea e Hesperioidea) representam 13% deste total, sendo que no Brasil ocorrem entre 3.100 e 3.268 espécies (Brown e Freitas 1999; Francini et al. 2011). Apesar de sua pequena proporção entre os lepidópteros, as borboletas constituem um dos grupos de invertebrados mais estudados e conhecidos (Aguiar et al. 2009), tendo importância em pesquisas sobre biogeografia, genética, interações inseto/planta, alterações climáticas, conservação de paisagens, entre outras (Brown e Freitas 2000; Corrêa et al. 2001; Pozo et al. 2005; Mavárez et al. 2006; Cormont et al. 2011).

No Rio Grande do Sul, inventários sobre borboletas remontam ao século XIX, com os trabalhos de Weymer (1894) e Mabilde (1896). Mais tarde, entre 1938 e 1960, foram realizados estudos por Biezanko e Freitas (1938) e Biezanko (1949) no município de Pelotas e arredores, por Biezanko e Seta (1939) no município de Rio Grande e por Biezanko (1958, 1959a, b, c, 1960a, b, c, d, 1963) nas zonas Sudeste e Missioneira do Rio Grande do Sul.

Na década de 70, foram publicados, para o Estado, um catálogo com nomes populares e científicos de Lepidoptera (Biezanko e Link 1972), estudos taxonômicos sobre as espécies da família Hesperidae (Biezanko e Mielke 1973) e Riodinidae (Biezanko et al. 1978) e um levantamento sobre as famílias Papilionidae e Pieridae na região de Santa Maria (Link et al. 1977). Na década de 80, Mielke (1980a, b) complementou os estudos sobre as espécies de Hesperidae listadas para o Rio Grande do Sul e em 1986 Ruzsczyk (1986a, b, c, d) iniciou uma série de publicações sobre a influência da urbanização na distribuição e abundância de borboletas na cidade de Porto Alegre.

A partir do final da década de 90, Teston e Corseuil (1998, 2000a, 2001, 2002a, 2008a, b, c) e Teston et al. (2006), através de revisão bibliográfica e exames de coleções científicas, listaram as espécies de Papilionidae, Pieridae e Nymphalidae ocorrentes no Rio Grande do Sul. Também foram publicados inventários realizados no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata, município de São Francisco de Paula, englobando as famílias Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae e Lycaenidae (Teston e Corseuil 1999, 2000b, 2002b; Corseuil et al. 2004). Schwartz e Di Mare (2001) analisaram a diversidade de papilionídeos em Santa Maria e posteriormente, Di Mare et al. (2003) listaram as espécies de *Adelpha* Hübner, [1819] (Nymphalidae, Limenitidinae) ocorrentes no Rio Grande do Sul. Krüger e Silva (2003) listaram as espécies de Papilionoidea ocorrentes nos municípios de Pelotas, Capão do Leão e Morro Redondo, Quadros et al. (2004) fizeram uma relação dos ninfalídeos ocorrentes no norte da planície costeira do Estado e Morais et al. (2007) avaliaram a ocorrência e distribuição de borboletas no sul da América do Sul, incluindo dados sobre a fauna do Rio Grande do Sul, Argentina e Uruguai.

Nos últimos anos, o centro do Estado vem recebendo considerável atenção através de inventários realizados na região de Santa Maria e arredores. Foram realizados estudos em fragmentos de Floresta Estacional Decidual (Dessuy e Morais 2007), no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (Sackis e Morais 2008) e sobre visitantes florais no Jardim Botânico do mesmo município (Lemes et al. 2008).

Mais recentemente foram realizados inventários e estudos sobre diversidade de borboletas na região de Frederico Westphalen, norte do Rio Grande do Sul (Giovenardi et al. 2008; Bonfanti et al. 2009), em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista nos municípios de Mormaço, Soledade (Ritter et al. 2011) e São Francisco de Paula (Pedrotti et al. 2011) e no Parque Natural Municipal de Uruguaiana, sudoeste do bioma Pampa, em ambientes de mata ciliar e campos (Rosa et al. 2011).

O presente estudo faz parte do Programa “As Borboletas do Rio Grande do Sul”, que vem sendo desenvolvido, desde 1996, pela equipe do Laboratório de Ecologia de Insetos do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob coordenação da Prof^a Helena Piccoli Romanowski. O Programa tem possibilitado a realização de diversos inventários e pesquisas sobre a diversidade de borboletas em diferentes ecossistemas característicos do Estado, sobretudo em áreas de preservação ambiental. Para tanto, utiliza-se uma metodologia de amostragem padronizada a fim de possibilitar análises comparativas, *a posteriori*, dos resultados obtidos.

Através deste Programa, foram realizados, até o momento, inventários e estudos sobre diversidade (i) em talhões de eucalipto com diferentes idades (Antunes 2000) e em formações nativas (Teixeira 2000) no Horto Florestal Barba Negra, município de Barra do Ribeiro; (ii) em parques públicos e áreas verdes com diferentes graus de urbanização (Camargo 2006) e em matas e campos de morros graníticos (Castro 2006; Castro 2008) na região metropolitana de Porto Alegre; (iii) em diferentes Unidades de Conservação, tais como, o Parque Estadual do Turvo, município de Derrubadas (Schantz 2000), o Parque Estadual de Itapuã, município de Viamão (Schantz 2000; Teixeira 2003; Marchiori e Romanowski 2006a), o Parque Estadual de Itapeva, município de Torres (Iserhard et al. 2005), o Parque Estadual do Espinilho e entorno, município de Barra do Quaraí (Marchiori e Romanowski 2006b), a Reserva Biológica do Lami, município de Porto Alegre (Teixeira 2005) e na Floresta Nacional de São Francisco de Paula e arredores, município de São Francisco de Paula (Grazia et al. 2008; Quadros 2009; Romanowski et al. 2009; Iserhard et al. 2010); (iv) ao longo de um gradiente altitudinal no município de Maquiné (Iserhard e Romanowski 2004); (v) em áreas de campo e mata ciliar na Serra do Sudeste, municípios de Canguçu e Caçapava do Sul (Paz et al. 2008); (v) com borboletas frugívoras na Floresta Ombrófila Densa, município de Maquiné (Teixeira 2008) e na Floresta Ombrófila Mista,

município de São Francisco de Paula (Santos et al. 2011) e (vii) em diferentes formações vegetais da Floresta Atlântica (Iserhard 2009), além da implementação de um banco de dados relacional, o BORBRS® (Marchiori 2003) para o gerenciamento das informações provenientes do referido Programa.

Atualmente estão sendo desenvolvidos projetos de Mestrado junto ao PPG Biologia Animal da UFRGS envolvendo (i) a avaliação do efeito de borda sobre a guilda de borboletas frugívoras em fragmentos de mata paludosa no norte da planície costeira do Rio Grande do Sul; (ii) o levantamento e a diversidade de Lycaenidae, Riodinidae e Hesperidae em áreas com plantio de eucalipto da região estépica do Bioma Pampa; (iii) a avaliação da diversidade de borboletas em regiões com cultivo de monoculturas e em áreas preservadas do Parque Estadual do Turvo e (iv) o estudo da composição, diversidade e distribuição de Riodinidae no Rio Grande do Sul.

Os dados acumulados ao longo dos anos pelo Programa “As Borboletas do Rio Grande do Sul” vêm formando, gradativamente, uma base para avaliar esta fauna em nível mais amplo e detalhado (Morais et al. 2007). Uma das diretrizes centrais do Programa é a utilização de metodologia de campo sistematizada onde amostragens são realizadas com redes entomológicas ao longo de trilhas ou transectos pré-estabelecidos por tempo padronizado em horas-amostrador, e mais recentemente, a inclusão da metodologia de armadilhas com iscas atrativas para a guilda de borboletas frugívoras, método passivo de amostragem medido através de horas-armadilha (Teixeira 2008, Santos et al. 2011). Esta padronização visa a realização de análises faunísticas comparativas no tempo e no espaço. Entretanto, é importante salientar que, com exceção do trabalho desenvolvido por Marchiori (2003) em uma mancha de mata de restinga no Parque Estadual de Itapuã, os trabalhos realizados até então, não se detiveram em investigar a variação na composição da assembleia de borboletas ao longo dos diferentes horários do dia, em um dado local ou

formação vegetal, visto ser este um enfoque distinto daquele adotado pelo Programa através de sua metodologia de amostragem padronizada (*op. cit.*). Além disto, cabe salientar que praticamente inexistem dados objetivos sobre o impacto da variação na atividade diária das borboletas sobre os resultados obtidos em inventários faunísticos.

2.2. Variações temporais e ambientais

Mudanças no ambiente ocorrem em diferentes amplitudes, periodicidades e graus de estocasticidade no tempo e em distintos padrões e extensões no espaço (Andrewartha e Birch 1986; Krebs 2001). Tempo e espaço, portanto, não são constantes em sistemas ecológicos (Wiens 1986). De acordo com Wiens et al. (1986), “a variabilidade ambiental – nas dimensões espaciais e temporais - molda as espécies que ocupam um determinado ambiente. Assim, distintas espécies diferem umas das outras em relação às suas respostas (1) às mudanças neste ambiente e (2) às variações nas condições ambientais, pois apresentam sensibilidades diferentes em relação a tais mudanças. Comunidades de organismos, desta forma, variam no espaço e, em qualquer ponto nesse, no tempo”. Em adição a este conceito, Townsend et al. (2006) acrescentam que os recursos usados por espécies ecologicamente similares podem se tornar disponíveis em diferentes horários do dia ou estações do ano.

DeVries e Walla (2001) analisaram a variação temporal e vertical da diversidade de borboletas, ao longo de cinco anos, em áreas de floresta tropical no Equador e encontraram diferenças marcantes tanto na variação mensal como na variação anual de riqueza e abundância. Em extensa revisão sobre o tópico “Fenologia”, e preocupados com o que se pode dizer quantitativamente sobre a sazonalidade como uma propriedade da fauna de borboletas, Shapiro et al. (2003) analisaram dados obtidos entre 1993 e 1997 em duas

regiões ao norte da Califórnia (EUA). Os resultados demonstraram que o voo sazonal destes insetos não ocorre ao acaso.

Além da variação mensal, sazonal ou anual, há também a variação diária, ou seja, diferentes espécies de borboletas, distribuem suas atividades de voo, alimentação, patrulhamento, corte e oviposição ao longo do dia de diferentes formas (Scott 1975; Konvicka et al. 2002), a maioria sendo mais ativa nas horas mais quentes do dia, enquanto outras são vespertinas ou crepusculares (Srygley 1994; Freitas et al. 2003). Estas diferenças nos horários de atividade refletem-se na riqueza e abundância de borboletas que podem ser registradas ao longo do dia.

Estudos populacionais ou de biologia, por vezes, incluem informações sobre os períodos de atividade dos imagos abordados (Callaghan 1978; Srygley 1994; Konvicka et al. 2002). Por exemplo, Vanini et al. (1999), em estudo sobre polifenismo e biologia populacional de *Eurema elathea* (Pieridae), registraram, no campus da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, um pico de atividade para esta espécie entre 12:00 e 14:00 horas. No verão os indivíduos foram vistos a partir das 08:00 e no inverno a partir das 10:00. De forma semelhante, em estudo sobre biologia populacional de *Heliconius erato phyllis* (Nymphalidae), no Morro do Voturuá, São Paulo, Ramos e Freitas (1999) observaram que as atividades iniciavam em torno das 08:00 no verão e das 09:30 no inverno. Também a literatura sobre comunidades ou história natural, por vezes, inclui informações sobre horários de atividade de espécies ou taxons mais amplos (Scott 1975; DeVries 1987, 1997), mas em geral este aspecto não é priorizado.

Estudos realizados com borboletas comprovam sua necessidade de atingir uma determinada temperatura corporal para entrar em atividade (Srygley 1994; Van Dyck e Matthysen 1998; Konvicka et al. 2002). Borboletas podem obter calor durante o voo como resultado de um processo metabólico, mas, como animais ectotérmicos, esta obtenção

acontece principalmente através da exposição à luz solar (Casey 1988; Van Dyck e Matthysen 1998). A eficiência das asas como receptoras de calor pode ser aperfeiçoada por sua forma e coloração, mas é principalmente pelo comportamento da borboleta sob diferentes condições de temperatura que isto acontece (Owen 1971). Muitas borboletas, em ambientes tropicais, obtêm calor com as asas abertas especialmente no início da manhã ou depois de uma chuva forte, enquanto que em um dia muito quente elas procuram por sombra na vegetação. Espécies de floresta estão mais aptas a mover-se para fora destas nas estações úmidas, possivelmente em busca da luz solar, enquanto que as espécies de savanas movem-se para dentro da floresta na estação seca, provavelmente em busca de sombra. Toda vez que a temperatura corporal for maior que a temperatura ambiente a tendência do organismo é perder calor. É pouco provável, entretanto, que uma borboleta precise perder calor, arriscando com isso sua dessecação, pois suas adaptações estão principalmente direcionadas para evitar o aquecimento excessivo, abrigoando-se em lugares sombreados ou permanecendo pousadas com as asas fechadas (Owen 1971).

A temperatura ambiente, a umidade relativa do ar e a luminosidade são, portanto, fatores cruciais para a atividade de borboletas. Além das médias, os extremos destes parâmetros variam ao longo do dia e alteram-se em função da altitude e ao longo das estações do ano. Segundo Townsend et al. (2006) a variabilidade de condições pode trazer desafios biológicos tão grandes quanto extremos. Os ciclos sazonais, por exemplo, podem expor um animal ao calor de verão bem próximo do seu máximo térmico e ao resfriamento de inverno bem próximo do seu mínimo.

Outro aspecto a ser levado em conta é que as borboletas, como importantes polinizadoras, apresentam uma relação mutualística forte com suas fontes de néctar e/ou pólen (Price 1997). A sincronia com seus recursos alimentares é fundamental para a vida do inseto. Muitas plantas florescem somente em determinadas épocas do ano e algumas

oferecem a quantidade ideal de nutrientes presentes no néctar somente em determinados períodos, ou mesmo, horários do dia. A temperatura também exerce grande efeito sobre os polinizadores, especialmente nos animais ectotérmicos, pois para poder buscar alimento o animal deve encontrar condições ambientais favoráveis ao voo. Por exemplo, certas espécies de abelhas podem forragear a 5°C ou menos produzindo calor endógeno, o que eleva a temperatura corporal, mas o custo energético para isto é duas ou três vezes maior do que se esta atividade fosse desenvolvida a 26°C (Price 1997).

2.3. Amostragem de borboletas

Borboletas adultas podem ser amostradas usando-se armadilhas com frutas fermentadas ou redes entomológicas (Walpole e Sheldon 1999; Pozo et al. 2005). A utilização de armadilhas, mesmo abrangendo somente a guilda de frugívoras, é considerada uma ferramenta muito confiável para realização de estudos de diversidade de borboletas, principalmente por permitir comparações robustas e rigorosas entre diferentes amostras (Uehara-Prado et al. 2007; DeVries et al. 2011). A utilização de redes entomológicas, por sua vez, está geralmente associada ao método de transecções (Pollard et al. 1975; Pollard 1977; Pollard e Yates 1993). Através deste, são realizadas observações ao longo de rotas percorridas durante um tempo pré-determinado, onde o observador registra as borboletas avistadas a uma distância também pré-determinada. Estudos baseados neste método oferecem estimativas rápidas de riqueza e abundância de espécies (Walpole e Sheldon 1999; Caldas e Robbins 2003) podendo incorporar uma ampla variação intra e inter-habitats (Brown 1972; Spalding 1997). Todavia, de acordo com Walpole e Sheldon (1999), nem a utilização de armadilhas nem o emprego de trasectos são completamente eficientes por si só para realização de inventários completos de borboletas, tendo cada qual, uma série de limitações.

Um fator fundamental em inventários ou amostragens de borboletas é a possibilidade de identificação de boa parte dos organismos em campo em nível de espécie (Caldas e Robbins 2003). Este assunto vem sendo discutido na literatura e requer muita atenção do amostrador, sobretudo com os espécimes das famílias Lycaenidae e HesperIIDae, que são geralmente pequenos, fugidios e de difícil identificação *in situ* (Brown 1992; Walpole e Sheldon 1999; Iserhard e Romanowski 2004; Marchiori e Romanowski 2006b; Dolibaina et al. 2011; Francini et al. 2011). Para diminuir tal risco, é fundamental a captura dos indivíduos destas famílias para posterior identificação em laboratório. Uma alternativa seria a utilização da riqueza de gêneros como medida de diversidade, e/ou a partir da riqueza em nível de gênero estimar a riqueza específica (Walpole e Sheldon 1999), tendo como base proporções entre riquezas de espécies e de gêneros já conhecidas em outros ambientes de características similares ao que está sendo amostrado (Williams e Gaston 1994; Beccaloni e Gaston 1995; Gaston 1996). De acordo com Walpole e Sheldon (1999), tal medida pode representar uma alternativa para a estimativa e comparação da diversidade entre diferentes locais, principalmente quando grande parte da amostragem for constituída por espécies de difícil identificação.

Brown (1972) salienta que, para aumentar a eficiência dos registros durante amostragens de borboletas, é necessário levar em conta os diversos hábitos dos diferentes grupos envolvidos. Por exemplo, moitas de flores, bordas e clareiras na mata são ambientes muito atrativos para licenídeos e hesperídeos (Brown 1992; Brown e Freitas 1999). Por outro lado, a detectabilidade de borboletas também respeita determinados limites físicos, uma vez que, em geral, só é possível amostrar os insetos de sub-bosque, ou aqueles que vivem próximos do solo (Spitzer et al. 1997; Wood e Gillman 1998). Borboletas que voam em alturas mais elevadas, muitas vezes, não são representadas. As armadilhas com iscas podem ser uma solução para este problema, porém somente as borboletas frugívoras são

capturadas (DeVries et al. 1999; DeVries e Walla 2001). Brown (1972) coloca que para tais espécies – com voos mais altos – o uso de binóculos é fundamental para aumentar a eficiência dos registros. Atualmente, o uso de câmaras fotográficas digitais, embora não substitua a coleta, é um recurso útil no auxílio a identificação de diversas espécies de borboletas vistas em campo.

No que diz respeito ao horário de amostragem, este deve ser aquele que melhor represente o horário de atividade de grande parte da assembleia estudada (Brown 1972; Yamamoto 1975), o que, para borboletas, geralmente ocorre de acordo com o período mais quente do dia ou aquele com maior intensidade de luz solar (Yamamoto 1975; Pollard 1977; Spitzer et al. 1997). Tal procedimento, entretanto, não minimiza o efeito de subamostragem das espécies que apresentam hábitos matutinos ou crepusculares (DeVries 1987; Brown 1992; Zanetti et al. 1996; Freitas et al. 2003).

O registro de padrões temporais de atividade de borboletas é de fundamental importância; entretanto, é difícil registrar estes padrões ao longo do dia e contar indivíduos ao mesmo tempo, usando redes entomológicas, em caminhadas através de transecções ou utilizando armadilhas com iscas, sem que informações sejam perdidas, ou sem que os pressupostos das técnicas sejam quebrados. Quando redes entomológicas são utilizadas e uma transecção é percorrida, determinado ambiente ou parte de uma formação vegetal pode estar sendo amostrado e as espécies ali presentes serão registradas à medida que forem surgindo no tempo e no espaço. Entretanto, através desta técnica o amostrador não pode inferir se um indivíduo já amostrado permanece ou não no mesmo local em que foi visto pela primeira vez ou até que horário estará em atividade naquele local. Por outro lado, quando armadilhas são utilizadas, a presença das borboletas ao longo do dia em dado local pode ser registrada, entretanto, somente a guilda de frugívoras é amostrada. Por isso, optou-se por utilizar, no presente trabalho, uma metodologia que prioriza o tempo de

amostragem, na qual o inventário de borboletas é realizado através de observações de varredura, a intervalos regulares, em áreas com tamanho pré-determinado e representativas de uma dada formação vegetal. O método de observações de varredura (Altmann 1974) aqui utilizado foi previamente adaptado e testado para o uso com borboletas (Marchiori e Romanowski 2006a).

2.4. Matas de Restinga

Restinga é um termo que apresenta vários significados. No sentido geomorfológico se refere às faixas de areia da costa marítima primitiva, com pequenas elevações e de largura constante por grandes distâncias, ou então às faixas arenosas entre uma lagoa e o oceano (Waechter 1985; Rizzini 1997). Já no sentido fitogeográfico, a palavra Restinga é usada para designar todas as formações que cobrem as areias holocênicas desde o oceano, ou apenas a vegetação arbustiva ou arbórea mais interior (Araújo 1987; Rizzini 1997). No sentido de ecossistema, esta palavra engloba todas as comunidades vegetais e animais do litoral arenoso e seus ambientes físicos (Araújo 1992). Todos esses sentidos dificultam a elaboração de um conceito único que seja válido para todo Brasil.

A Restinga sul brasileira abrange um conjunto de ecossistemas que compreende comunidades florística e fisionomicamente distintas, situadas em terrenos de idade quaternária, predominantemente arenosos, e de origem marinha, fluvial, lagunar ou combinações destas. Tais comunidades formam um complexo vegetacional edáfico pioneiro encontrado em praias, cordões arenosos, dunas e depressões associadas (Waechter 1990). Os principais fatores ambientais que influenciam a composição desta vegetação são a escassez de nutrientes e água, excesso de calor e luminosidade e a constância do vento (Moreno 1961).

No Rio Grande do Sul, as Restingas ocorrem ao longo de toda a faixa litorânea, compreendendo uma superfície terrestre de aproximadamente 35.000 km², ou seja, 9,5% da área total do Estado (Waechter 1985; Rambo 1994). Metade desta área é ocupada por um cordão de lagoas, destacando-se a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos. Este ambiente apresenta uma dinâmica estimulada pelas diferentes combinações entre a direção do vento e a precipitação atmosférica, que variam com o ciclo anual das estações (Menegat et al. 1998). No presente trabalho, o termo Mata de Restinga segue o empregado por Brack et al. (1998), que a define como a vegetação que cobre as paleodunas, existentes em faixas de areia e entremeadas por banhados ou outras áreas úmidas, correspondentes às margens de antigas transgressões e regressões do Lago Guaíba.

As Matas de Restinga, que cobrem os terrenos arenosos nas margens da Laguna dos Patos e do Lago Guaíba, são formadas por capões com seis a 15 m de altura. Em muitas espécies vegetais evidencia-se uma tendência xeromórfica através da presença de galhos contorcidos, espinhosos e com folhas coriáceas, pequenas e lustrosas (Brack et al. 1998; Waechter e Jarenkow 1998). O estrato arbóreo superior é comumente constituído por branquilha (*Sebastiania commersoniana*), aguai-mirim (*Chrysophyllum marginatum*), ipê-amarelo (*Tabebuia pulcherrima*), capororocão (*Myrsine umbellata*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) e pela figueira-de-folha-miúda (*Ficus organensis*) que pode alcançar até 15 m de altura. O estrato arbóreo médio tem a presença constante de camboim (*Myrciaria cuspidata*), pitangueira (*Eugenia uniflora*) e guamirim (*Eugenia hyemalis*). Como espécies arbustivas típicas da orla da mata, salientam-se o pessegueiro-do-mato (*Hexaclamys edulis*), a tuna (*Cereus hildmannianus*), a arumbeva (*Opuntia monocantha*), o rabo-de-cavalo (*Ephedra tweediana*) e o arbusto camara (*Lantana camara* e *L. megapotamica*). Ainda, na orla da mata, ocorrem as espécies herbáceas samambaia-peluda (*Polypodium*

lepidopteris), banana-do-mato (*Bromelia antiacantha*) e peperômia (*Peperomia pereskiifolia*) (Brack et al. 1998).

A maioria dos trabalhos desenvolvidos sobre insetos em ambientes de Restinga se concentram na região sudeste do Brasil (Da Silva e Nessimian 1990; Monteiro e Macedo 1990, 2000; Monteiro 1991; Macedo et al. 1994; Monteiro e Becker 2002). Alguns destes estudos mencionam a importância dos lepidópteros, tanto por sua abundância como por sua importância na participação de processos ecológicos. Em 2004, Monteiro et al. publicaram uma lista de espécies de borboletas e mariposas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, juntamente com algumas considerações biológicas e ecológicas. Além disto, também foi observada a ocorrência de espécies de borboletas endêmicas de Restingas; status este registrado para *Menander felsina* (Hewitson, 1863) (Lycaenidae) e para *Mimoides lysithous harrisianus* (Swainson, 1822) (Papilionidae). Esta última ocorre somente nas restingas da parte central do estado do Rio de Janeiro e encontra-se criticamente ameaçada de extinção (Freitas e Marini-Filho 2011).

No Rio Grande do Sul, estudos sobre borboletas de Restinga são igualmente raros. Marchiori e Romanowski (2006a) publicaram o primeiro estudo relativo à fauna de borboletas em uma mancha de Mata de Restinga no Rio Grande do Sul. Quadros et al. (2004) registraram a ocorrência de borboletas no norte da Planície Costeira do Estado, que apresenta Matas Paludosas, Matas de Restinga, matas de encosta de morro, campos, dunas e áreas urbanas. Estes autores não especificaram, dentro das áreas de estudo, quais borboletas foram registradas somente em Matas de Restinga.

Tais aspectos, somados à constante pressão antrópica a qual as Matas de Restinga vêm sendo submetidas (Araújo e Lacerda 1992; Rocha et al. 2003), ressaltam a importância da realização de estudos sobre a biologia e as interações ecológicas da fauna de lepidópteros que ocorre nestas formações, sobretudo na Região Sul do Brasil.

2.5. Mata de Araucária

Mata de Araucária é o nome comum dado à Floresta Ombrófila Mista. Esta é uma das formações vegetais mais importantes do sul do Brasil, tanto pela área que ocupava originalmente como pelo papel que seus recursos naturais tiveram no desenvolvimento desta região. A área de distribuição natural da Floresta Ombrófila Mista, coincide com a da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), que ocorria de forma abundante nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e de modo esparsos em São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo (Backes 2009).

No Rio Grande do Sul, a Mata de Araucária se desenvolve sobre o Planalto Sul-riograndense, onde ocorre em pequenas disjunções formando "ilhas verdes" de formato mais ou menos circular e tamanho variável, em meio às formações campestres, constituindo os "capões". Pode também formar florestas contínuas de composição e estrutura variáveis. O clima do planalto é um dos mais frios do país, apresentando os maiores índices anuais de geadas noturnas e um período quente geralmente curto ou ausente (Backes 2009).

Nos trabalhos fitogeográficos brasileiros, a Floresta Ombrófila Mista é frequentemente referida como uma unidade vegetacional própria (Marchiori 2002). A *Araucaria angustifolia* participa de forma marcante nesta vegetação, especialmente devido à sua abundância e grande porte, com copa ampla, de formato característico e emergente sobre as demais árvores da mata. Associados a araucária ocorrem espécies arbóreas de outras famílias, notadamente Lauraceae, Myrtaceae, Aquifoliaceae, Anacardiaceae, Flacourtiaceae, Euphorbiaceae e Sapindaceae. As espécies mais importantes na composição do estrato arbóreo variam bastante, como resultado de condições ambientais diferenciadas ao longo de toda a área de ocorrência desta vegetação. Apresentam-se como espécies características, além da própria araucária, o pinheirinho (*Podocarpus lambertis*), a casca d'anta (*Drymis brasiliensis*), a canela-fedida (*Nectandra grandiflora*), a sapopema

(*Sloanea* sp.), a erva-mate (*Ilex paraguariensis*), o camboatá-vermelho (*Cupania vernalis*), o camboatá-branco (*Matayba elaeagnoides*), a guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*), a imbuia (*Ocotea porosa*) e o xaxim-bugio (*Dicksonia sellowiana*) (Pastore et al. 1986). Estas três últimas figuram na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção no Brasil, principalmente em função das práticas de manejo adotadas no passado e da atual pressão pela ocupação humana observada no presente. Atualmente, as áreas de floresta primária são poucas e, em geral, alteradas. Estas foram substituídas por culturas cíclicas e pastagens e, em menor escala, por culturas permanentes, reflorestamentos (*Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp.) e vegetação secundária (Ganade e Zanini 2009).

Abordando borboletas que ocorrem em Matas de Araucária no Rio Grande do Sul, foram publicados trabalhos realizados no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata (Teston e Corseuil 1999, 2000b, 2002b; Corseuil et al. 2004), no município de São Francisco de Paula. Nesta área ocorrem formações de Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa e Savana (Bertoletti e Teixeira 1995). Os trabalhos supracitados não diferenciam a lepidopterofauna por formação vegetal. Apesar disto não se pode deixar de mencioná-los. Ainda neste município, foram realizados estudos na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (Iserhard et al. 2010; Santos et al. 2011) e no Hotel Veraneio Hampel (Pedrotti et al. 2011). Recentemente foi publicado um trabalho abrangendo os municípios de Soledade e Mormaço, ao norte do Estado (Ritter et al. 2011). Também foram publicados dois capítulos de livro abordando aspectos sobre a biologia e conservação das borboletas que ocorrem na Floresta Ombrófila Mista (Grazia et al. 2008; Romanowski et al. 2009).

2.6. Hipóteses do Trabalho

A intenção principal do trabalho foi verificar variações na riqueza, abundância e composição de espécies ao longo do dia nas assembleias de borboletas presentes em duas formações vegetais contrastantes: Mata de Restinga e Mata de Araucária.

Conforme a altitude aumenta e a fisionomia da vegetação se altera (entre Matas de Restinga na Planície Costeira e as Matas de Araucária no Planalto Riograndense), supõe-se que a substituição de espécies de borboletas seja substancial. Diferenças na heterogeneidade ambiental entre os dois tipos de formação devem modelar e caracterizar as assembleias de cada local. Pretende-se descrevê-las.

Espera-se encontrar maior riqueza, abundância e diversidade de borboletas na Mata de Araucária do que na Mata de Restinga, uma vez que a Floresta Ombrófila Mista apresenta maior variação de microhabitats, além de maior variedade e disponibilidade de recursos alimentares para os adultos.

Supõe-se que os fatores ambientais avaliados (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento,) atuem sobre as assembleias de borboletas estudadas, principalmente ao longo dos diferentes horários do dia. Os ambientes onde o estudo foi realizado diferem em relação a estes parâmetros no Estado. Assim, supõe-se que os horários de atividade das assembleias de borboletas ao longo do dia e das estações do ano na Mata de Restinga e na Mata de Araucária também difiram entre si. Espera-se maior atividade da assembleia de borboletas nos horários de maior temperatura e menor umidade relativa do ar na Mata de Araucária, enquanto que na Mata de Restinga espera-se maior atividade no final da manhã, ou seja, antes do período mais quente e seco do dia.

3. OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Verificar a composição e a variação na diversidade ao longo do dia e do ano em assembleias de borboletas presentes em duas formações vegetais contrastantes no Rio Grande do Sul: Mata de Restinga e Mata de Araucária.

3.2. Específicos

1. Registrar as espécies de borboletas ocorrentes em Mata de Restinga e em Mata de Araucária;
2. Analisar a composição e a diversidade da assembleia de borboletas em ambas formações vegetais geral e sazonalmente;
3. Analisar a riqueza e a abundância das espécies de borboletas ao longo dos diferentes horários do dia e do ano em ambas formações vegetais;
4. Verificar a associação da assembleia de borboletas a diferentes parâmetros abióticos (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento), em formações de Mata de Restinga e Mata de Araucária e buscar inferir padrões a partir destes resultados;
5. Avaliar a eficiência do protocolo de amostragem empregado;
6. Fornecer subsídios para a escolha de períodos de amostragem para inventários e monitoramentos de borboletas;
7. Contribuir para o conhecimento da biologia e conservação das espécies de borboletas do Rio Grande do Sul.

4. RESULTADOS GERAIS

4. RESULTADOS GERAIS

- O esforço total de amostragem foi de 480 horas-rede.
- No total foram registrados 3.347 indivíduos de borboletas distribuídos em 188 espécies e subespécies, pertencentes a seis famílias. Apenas 20% destas espécies foram compartilhadas entre a Mata de Restinga e a Mata de Araucária.
- Na Mata de Restinga, com 240 horas de amostragem, foram registrados 1.050 indivíduos distribuídos em 92 espécies e subespécies, 25 tribos, 21 subfamílias e seis famílias. Na Mata de Araucária, com o mesmo esforço amostral, foram registrados 2.297 indivíduos distribuídos em 134 espécies e subespécies, 25 tribos, 18 subfamílias e seis famílias.
- Dentre as espécies listadas, 61 são novas ocorrências para a Mata de Restinga e para o Parque Estadual de Itapuã e 13 para a Mata de Araucária e FLONA-SFP. Dentre todas, três constituem novos registros de ocorrência no Rio Grande do Sul.
- As curvas de suficiência, por ocasião amostral e por horários de observação, indicaram uma boa representatividade da fauna de borboletas em ambas formações vegetais. Os estimadores analíticos de riqueza corroboraram esta afirmativa, pois cerca de 70% da fauna estimada para as localidades estudadas foi amostrada.
- A suficiência amostral, por horários de observação, indicou que 58% das espécies presentes na Mata de Restinga foram registradas até às 10:00 e 85% até às 12:00. Na Mata de Araucária, até às 10:00 já haviam sido registradas 69% das espécies e até às 11:00, 82%.
- A distribuição de abundância, geral e sazonal, apresentou um padrão onde prevaleceram as espécies raras.
- Os singletons representaram 20% da assembleia de borboletas na Mata de Restinga e 25%, na Mata de Araucária.

- A Mata de Araucária mostrou-se como o ambiente significativamente mais rico, mais abundante e com a maior diversidade de borboletas.
- Dezoito espécies de borboletas contribuíram com 56% da diferença registrada entre as assembleias presentes na Mata de Restinga e na Mata de Araucária.
- Na Mata de Restinga, a espécie mais abundante foi *Eunica eburnea* Fruhstorfer, 1907 e na Mata de Araucária foi *Morpho epistrophus catenaria* (Perry, 1811).
- Nymphalidae e Hesperidae foram as famílias mais ricas e abundantes em ambas localidades.
- Foi verificada sazonalidade que afetou a diversidade e a composição de borboletas em ambos locais de estudo. Diferenças significativas foram detectadas para as estações e para a interação destas com os locais de estudo, indicando que o padrão temporal de distribuição das assembleias pode estar relacionado a estes fatores.
- Na Mata de Restinga, a primavera foi a estação com maior riqueza e o outono a com maior abundância de borboletas. No verão estes parâmetros diminuíram. Na Mata de Araucária, o outono registrou maior riqueza e abundância. O inverno foi significativamente desfavorável para as assembleias de borboletas em ambos locais.
- As representações gráficas obtidas através do NMDS evidenciaram as diferenças nos padrões sazonais registrados para cada formação vegetal. Na Mata de Restinga, o inverno e a primavera diferiram significativamente de todas as outras estações, enquanto que o verão e o outono não diferiram entre si. Na Mata de Araucária, somente o inverno diferiu de todas as estações.
- No total foram registradas 49 espécies sazonais (exclusivas a uma estação do ano), mas apenas três com mais do que 10 indivíduos. Na Mata de Restinga o pico de espécies sazonais ocorreu na primavera e na Mata de Araucária, no outono.

- Dezenove espécies ocorreram ao longo de todas as estações, em pelo menos uma das localidades de estudo, mas apenas *Heliconius erato phyllis* (Fabricius, 1775) e *Phoebis neocypris neocypris* (Hübner, [1823]) ocorreram em todas as estações nas duas localidades.
- As variações temporais observadas em Nymphalidae e Hesperiiidae determinaram as assembleias de borboletas como um todo, esta última apresentando uma alta proporção de espécies sazonais. Nymphalidae apresentou seu pico de abundância no outono em ambas localidades, enquanto que Hesperiiidae apresentou um pico de abundância na primavera na Mata de Restinga e no outono na Mata de Araucária.
- Papilionidae mostrou-se sensível a variações sazonais, com um padrão bastante marcado por oscilações na riqueza e abundância.
- As regressões lineares múltiplas mostraram que a abundância e a riqueza de borboletas foram explicadas principalmente pela temperatura máxima em ambos locais de estudo.
- Registrou-se uma variação significativa na diversidade de borboletas ao longo dos horários do dia, em ambos locais de estudo, geral e sazonalmente.
- Na Mata de Restinga o horário com maior riqueza e abundância foi às 11:00. Na Mata de Araucária, o pico destes parâmetros ocorreu entre 10:00 e 11:00.
- Em ambos locais, o primeiro horário da manhã (8:00) e os dois últimos da tarde (16:00 e 17:00) foram significativamente menos ricos e abundantes que os demais.
- Seguindo o padrão geral entre famílias, Nymphalidae prevaleceu em todos os horários do dia, em ambos locais de estudo, seguida de Hesperiiidae.
- Na Mata de Restinga, Nymphalidae, Hesperiiidae, Pieridae e Papilionidae ocorreram principalmente pela manhã. Riodinidae e Lycaenidae foram registrados principalmente entre 9:00 e 14:00. Na Mata de Araucária, Nymphalidae e

Hesperiidae foram registrados principalmente entre 10:00 e 13:00 e as demais famílias no início da tarde.

- No inverno, a riqueza e abundância se concentraram nos horários mais quentes do dia, em ambos locais de estudo. No verão, na Mata de Restinga, estes parâmetros se distribuíram de forma mais homogênea ao longo do dia, enquanto que na Mata de Araucária os picos continuaram ocorrendo entre 12:00 e 14:00.
- A Análise de Correspondência Canônica (CCA) mostrou, para a Mata de Restinga, um gradiente diário na primavera relacionado com o aumento na velocidade do vento e uma associação, entre os horários das 8:00, 16:00 e 17:00 no inverno, com temperaturas baixas. A CCA, na MR, associou as subfamílias Pyrrhopyginae, Hesperinae, Papilioninae e Danainae a condições de vento forte; Polyommatinae, Theclinae e Cyrestinae com temperaturas amenas, alta umidade e pouco vento; Satyrinae, Heliconiinae e Apaturinae com temperaturas e umidade mais elevadas.
- Para a Mata de Araucária a CCA mostrou um gradiente sazonal relacionado com a variação na temperatura e uma relação entre os horários das 8:00, 16:00 e 17:00, no verão, com vento mais forte. A CCA, na MA, associou as subfamílias Biblidinae e Danainae com velocidades mais altas do vento; Hesperinae com temperaturas mais elevadas; Charaxinae com temperaturas mais baixas e Pyrginae com alta umidade.
- O horário das 10:00 às 16:00 foi efetivo para maximização do registro de borboletas no interior de matas em ambos locais de estudo.
- Foram visualizadas 45 borboletas na Mata de Restinga e 323 na Mata de Araucária que não puderam ser identificadas até espécie, representando uma taxa geral de perdas nas identificações de, respectivamente, 4.3 e 14.1%.

- As perdas foram baixas em todos os horários do dia em ambos locais de estudo. Os horários com o maior número de indivíduos não identificados foram às 13:00 na Mata de Restinga e às 11:00, na Mata de Araucária.
- O número de indivíduos não identificados até espécie e a densidade geral de borboletas não estiveram em nenhuma situação correlacionados, em qualquer ambiente, táxon ou nível em que as análises foram realizadas.
- Houve diferença significativa nas taxas de identificação entre as formações vegetais e também no nível de identificação a que foi possível chegar. Entretanto, foi possível quantificar este erro em ambos locais de estudo, assim como, alocá-lo a algum grupo taxonômico.
- Do número total de indivíduos não identificados até espécie na Mata de Restinga, 4% foram identificados até gênero e 31% até subordem. Na Mata de Araucária, 41% destes indivíduos puderam ser alocados em gêneros e apenas 14% foram identificados em nível de subordem.
- Não foram registradas perdas nas famílias Lycaenidae, na Mata de Restinga, e em Riodinidae, em ambas formações vegetais. Houve perdas em Hesperidae, em ambos locais de estudo, mas a eficiência de amostragem foi alta em face à grande abundância de indivíduos registrados.
- O gênero *Actinote* Hübner, [1819] foi o único táxon com perdas superiores a 50% nas identificações e somente na Mata de Araucária.
- Apesar do contraste entre a fitofisionomia das áreas de estudo e da diferença na composição das assembleias de borboletas, foi possível registrar, em ambas localidades, a margem de erro da técnica empregada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

De acordo com as normas do periódico Journal of Insect Science

- Aguiar AP, Santos BF, Couri MS, Rafael JA, Costa C, Ide S, Duarte M, Grazia J, Schwertner CF, Freitas AVL, Azevedo CO. 2009. Insecta. In: Rocha RM, Boeger WA, Organizadores. *Estado da arte e perspectivas para a Zoologia no Brasil*, pp 131-155. Editora UFPR.
- Altmann J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behavior* 49(3-4): 227-267.
- Andrewartha HG, Birch LC. 1986. *The ecological web: more on the distribution and abundance of animals*. The University of Chicago Press.
- Antunes FF. 2000. *Padrões da comunidade de borboletas (Lepidoptera: Rhopalocera) em áreas com plantio de eucalipto de diferentes idades*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Araújo DSD. 1987. Restingas: síntese dos conhecimentos para a costa sul – sudeste brasileira. In: *Anais do I Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese dos Conhecimentos*, pp. 333-347. ACIESP, Vol. 1.
- Araújo DSD. 1992. Vegetation types of sandy coastal plains of tropical Brazil: a first approximation. In: Seeliger U, Editor. *Coastal plant communities of Latin America*, pp. 337-347. Academic Press.
- Araújo DSD, Lacerda LD. 1992. A natureza das restingas. *Ciência Hoje* 6(33): 42-48.
- Backes A. 2009. Distribuição geográfica atual da Floresta com Araucária: condicionamento climático. In: Fonseca CR, Souza AF, Leal-Zanchet AM, Dutra T, Backes A, Ganade G. Editores. *Floresta com Araucária. Ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável*, pp. 39-44. Holos.

- Beccaloni GW, Gaston KJ. 1995. Predicting species richness of Neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. *Biological Conservation* 71(1): 77-86.
- Bertoletti JJ, Teixeira MB. 1995. Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. Termo de Referência. *Divulgações do Museu de Ciências e Tecnologia – UBEA/PUCRS* (2): 1-47.
- Biezanko CM. 1949. *Acraeidae, Heliconiidae e Nymphalidae de Pelotas e seus arredores*. Edição do autor.
- Biezanko CM. 1958. *Pieridae da Zona Sueste do Rio Grande do Sul*. Arquivos de Entomologia, Série A. Escola de Agronomia Eliseu Maciel.
- Biezanko CM. 1959a. *Papilionidae da Zona Sueste do Rio Grande do Sul*. Arquivos de Entomologia, Série A. Escola de Agronomia Eliseu Maciel.
- Biezanko CM. 1959b. *Papilionidae da Zona Missioneira do Rio Grande do Sul*. Arquivos de Entomologia, Série B. Escola de Agronomia Eliseu Maciel.
- Biezanko CM. 1959c. *Pieridae da Zona Missioneira do Rio Grande do Sul*. Arquivos de Entomologia, Série B. Escola de Agronomia Eliseu Maciel.
- Biezanko CM. 1960a. *Danidae et Ithomidae da Zona Sueste do Rio Grande do Sul*. Arquivos de Entomologia, Série A. Escola de Agronomia Eliseu Maciel.
- Biezanko CM. 1960b. *Danidae et Ithomidae da Zona Missioneira do Rio Grande do Sul*. Arquivos de Entomologia, Série B. Escola de Agronomia Eliseu Maciel.
- Biezanko CM. 1960c. *Satyridae, Morphidae et Brassolidae da Zona Sueste do Rio Grande do Sul*. Arquivos de Entomologia, Série A. Escola de Agronomia Eliseu Maciel.

- Biezanko CM. 1960d. *Satyridae, Morphidae et Brassolidae da Zona Missioneira do Rio Grande do Sul*. Arquivos de Entomologia, Série B. Escola de Agronomia Eliseu Maciel.
- Biezanko CM. 1963. *Hesperiidae da Zona Sueste do Rio Grande do Sul*. Arquivos de Entomologia, Série A. Escola de Agronomia Eliseu Maciel.
- Biezanko CM, Link D. 1972. Nomes populares dos lepidópteros no Rio Grande do Sul. (Segundo Catálogo). Nomes populares – nomes científicos atualizados. *Boletim Técnico Defesa Fitosanitária da Universidade Federal de Santa Maria* 4: 1-15.
- Biezanko CM, Seta FD. 1939. *Catálogo dos insetos encontrados em Rio Grande e seus arredores. Fasc. 1. Lepidopteros*. A Universal - Echenique & Cia.
- Biezanko CM, Mielke OHH. 1973. Contribuição ao estudo faunístico dos Hesperidae americanos. IV. Espécies do Rio Grande do Sul, Brasil, com notas taxonômicas e descrições de espécies novas (Lepidoptera). *Acta Biológica Paranaense* 2(1-4): 51-102.
- Biezanko CM, Mielke OHH, Wedderhoof A. 1978. Contribuição ao estudo faunístico dos Riodinidae do Rio Grande do Sul, Brasil (Lepidoptera). *Acta Biológica Paranaense* 7(1): 7-22.
- Biezanko CM, Freitas RG. 1938. *Catálogo dos insetos encontrados na cidade de Pelotas e seus arredores. Fasc. 1. Lepidopteros*. Escola de Agronomia Eliseu Maciel.
- Bonfanti D, Di Mare RA, Giovenardi R. 2009. Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) from two forest fragments in northern Rio Grande do Sul, Brazil. *Checklist* 5(4): 819-829.
- Brack P, Rodrigues RS, Sobral M, Leite SLC. 1998. Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 51(2): 139-166

- Brown KS. 1972. Maximizing daily butterfly counts. *Journal of the Lepidopterists Society* 26(3): 183-196.
- Brown KS. 1992. Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. In: Morellato LPC, Organizador. *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*, pp. 142–186. UNICAMP/FAPESP.
- Brown KS, Freitas AVL. 1999. Lepidoptera. In: Brandão CRF, Cancellato EM, Editores. *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. Invertebrados Terrestres*, pp. 225-245. FAPESP.
- Brown KS, Freitas AVL. 2000. Atlantic forest butterflies: indicators of landscape conservation. *Biotropica* 32(4b): 934-956.
- Caldas A, Robbins RK. 2003. Modified Pollard transects for assessing tropical butterfly abundance and diversity. *Biological Conservation* 110(2): 211-219.
- Callaghan CJ. 1978. Studies on restinga butterflies. II. Notes on the population structure of *Menander felsina* (Riodinidae). *Journal of the Lepidopterists Society* 32(1): 37-48.
- Camargo F de. 2006. *Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) de áreas verdes de Porto Alegre, RS*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Casey TM. 1988. Thermoregulation and heat exchange. *Advances in insect physiology* 20: 119-146.
- Castro DS. 2006. *Levantamento da fauna de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) do Parque Natural do Morro do Osso, Porto Alegre, RS*. Monografia (Especialização). Diversidade e Conservação da Fauna, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.

- Castro DS. 2008. *Diversidade de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em três morros graníticos de Porto Alegre, RS*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Cormont A, Malinowska AH, Kostenko O, Radchuk V, Hemerik L, Wallis DeVries MF, Verboom J. 2011. Effect of local weather on butterfly flight behaviour, movement, and colonization: significance for dispersal under climate change. *Biodiversity and Conservation* 20: 483–503
- Corrêa C, Irgang BE, Moreira GRP. 2001. Estrutura floral das angiospermas usadas por *Heliconius erato phyllis* (Lepidoptera, Nymphalidae) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 90: 71-84.
- Corseuil E, Quadros F do C, Teston JA, Moser A. 2004. Borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 4. Lycaenidae. *Divulgação do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS* 9: 65-70.
- Da Silva ER, Nessimian JL. 1990. A new species of genus *Parapoinx* Hübner, 1826 (Lepidoptera: Pyralidae: Nymphulinae) from Rio de Janeiro state, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 50(2): 491-495.
- Dessuy MB, Morais ABB. 2007. Diversidade de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em fragmentos de Floresta Estacional Decidual em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24(1): 108-120.
- DeVries PJ. 1987. *The butterflies of Costa Rica and their natural history. Vol. I: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae*. Princeton University Press.
- DeVries PJ. 1997. *The butterflies of Costa Rica and their natural history. Vol. II: Riodinidae*. Princeton University Press.

- DeVries PJ, Alexander LG, Chacon IA, Fordyce JA. 2011. Similarity and difference among rainforest fruit-feeding butterfly communities in Central and South America. *Journal of Animal Ecology*. Disponível online, doi: 10.1111/j.1365-2656.2011.01922.x
- DeVries PJ, Walla TR. 2001. Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society* 74(1): 1-15.
- DeVries PJ, Walla TR, Greeney HF. 1999. Species diversity in spatial and temporal dimensions of a fruit-feeding butterflies from two Ecuadorian rainforests. *Biological Journal of the Linnean Society* 68(3): 333-353.
- Di Mare RA, Teston JA, Corseuil E. 2003. Espécies de *Adelpha* Hübner, [1819] (Lepidoptera, Nymphalidae, Limenitidinae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 47(1): 75-79.
- Dolibaina DR, Mielke OHH, Casagrande MM. 2011. Borboletas (Papilionoidea e Hesperioidea) de Guarapuava e arredores, Paraná, Brasil: um inventário com base em 63 anos de registros. *Biota Neotropica* 11(1), Disponível online, <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/en/abstract?inventory+bn00211012011>
- Francini RB, Duarte M, Mielke OHH, Caldas A, Freitas AVL. 2011. Butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea and Hesperioidea) of the “Baixada Santista” region, coastal São Paulo, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55(1): 55-68.
- Freitas AVL, Marini-Filho OJ, Organizadores. 2011. *Plano de Ação Nacional para Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção*. Ministério do Meio Ambiente/ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.
- Freitas AVL, Francini RB, Brown Jr KS. 2003. Insetos como indicadores ambientais. In: Cullen Jr L, Rudran R, Valladares-Padua C, ORGANIZADORES. *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*, pp. 125-151. UFPR, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza.

- Ganade G, Zanini L. 2009. Restauração de Floresta com Araucária em áreas degradadas, In: Fonseca CR, Souza AF, Leal-Zanchet AM, Dutra T, Backes A, Ganade G, Editores. *Floresta com Araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável*, pp. 311-316. Holos.
- Gaston KJ. 1996. *Biodiversity. A biology of numbers and difference*. Black Well Science.
- Giovenardi R, Di Mare RA, Sponchiado J, Roani SH, Jacomassa FAF, Jung AB, Porn MA. 2008. Diversidade de Lepidoptera (Papilionoidea e Hesperioidea) em dois fragmentos de florestas no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 52(4): 599–605.
- Grazia J, Romanowski HP, Araújo PB, Schwertner CF, Iserhard CA, Moura LA, Ferro VG. 2008. Artrópodos Terrestres. In: Bond-Buckup G, Organizador. *Biodiversidade dos Campos de Cima da Serra*, pp. 76-97. Libretos.
- Iserhard CA. 2009. *Estrutura e composição da assembléia de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em diferentes formações da Floresta Atlântica do Rio Grande do Sul, Brasil*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Iserhard CA, Romanowski HP. 2004. Lista de espécies de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) da região do vale do rio Maquiné, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21(3): 649-662.
- Iserhard CA, Kaminski LA, Camargo F, Teixeira EC, Romanowski HP. 2005. Rapid butterfly inventory in a swamp forest fragment of the Atlantic Rainforest in Southern Brazil. In: *Proceedings of the Annual meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation*. CD-ROM.
- Iserhard CA, Quadros MT, Romanowski HP, Mendonça Jr MS. 2010. Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) ocorrentes em diferentes ambientes na

Floresta Ombrófila Mista e nos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica* 10(1): 309-320.

Konvicka M, Benes J, Kuras T. 2002. Microdistribution and diurnal behaviour of two sympatric mountain butterflies (*Erebia epiphron* and *E. euryale*): relations to vegetation and weather. *Biologia* 57(2): 223-233.

Krebs CJ. 2001. *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. Benjamin Cummings.

Krüger CP, Silva EJE. 2003. Papilionoidea (Lepidoptera) de Pelotas e seus arredores, Rio Grande do Sul, Brasil. *Entomologia y Vectores* 10(1): 31-45

Lemes R, Ritter CD, Morais ABB. 2008. Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) visitantes florais no Jardim Botânico da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. *Biotemas* 21(4): 91-98.

Link D, Biezanko CM, Tarragó MF, Carvalho S. 1977. Lepidoptera de Santa Maria e arredores. I. Papilionidae e Pieridae. *Revista do Centro de Ciências Rurais* 7(4): 381-389.

Mabilde AP. 1896. *Guia practica para os principiantes colleccionadores de insectos, contendo a descripção fiel de perto de 1000 borboletas com 280 figuras lythographadas em tamanho, formas e dezenhos conforme o natural. Estudo sobre a vida de insectos do Rio Grande do Sul e sobre a caça, classificação e conservação de uma collecção mais ou menos regular*. Gundlach & Schuldt.

Macedo MV, Almeida AM, Teixeira CR, Pimentel MCP, Monteiro RF. 1994. Entomofauna associada a duas espécies de *Senna* (Leguminosae) em restingas fluminenses: considerações sobre interações e comportamento. In: *Anais do Terceiro Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira: subsídios a um gerenciamento ambiental*, pp. 204-209. ACIESP, 3º Vol.

- Marchiori JNC. 2002. *Fitogeografia do Rio Grande do Sul, enfoque histórico e sistemas de classificação*. EST.
- Marchiori MO. 2003. *Implementação de banco de dados relacional e estudo de taxocenose de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em uma mancha de mata de restinga no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Marchiori MO, Romanowski HP. 2006a. Species composition and diel variation of a butterfly taxocene (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in a restinga wood at Itapuã State Park, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23(2): 443-454.
- Marchiori MO, Romanowski HP. 2006b. Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) do Parque Estadual do Espinilho e entorno, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23(4): 1029-1037.
- Mavárez J, Salazar CA, Bermingham E, Salcedo C, Jiggins CD, Linhares M. 2006. Speciation by hybridization in *Heliconius* butterflies. *Nature* 441: 868-871.
- Menegat R., Porto ML, Carraro CC, Fernandes LAD. 1998. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. UFRGS.
- Mielke OHH. 1980a. Contribuição ao estudo faunístico dos Hesperiidae americanos. V. Nota suplementar – As espécies de Pyrrhopyginae e Pyrginae do Rio Grande do Sul, Brasil (Lepidoptera). *Acta Biológica Paranaense* 8-9: 7-17.
- Mielke OHH. 1980b. Contribuição ao estudo faunístico dos Hesperiidae americanos. VI. Nota suplementar – As espécies de Hesperiinae do Rio Grande do Sul, Brasil (Lepidoptera). *Acta Biológica Paranaense* 8-9: 127-172.
- Monteiro RF. 1991. Cryptic larval polychromatism in *Rekoa marius* Lucas and *R. palegon* Cramer (Lycaenidae: Thecline). *Journal of Research on Lepidoptera* 29(1-2): 77-84.

- Monteiro RF, Esperanço AF, Becker VO, Otero LS, Herkenhoff EV, Soares A. 2004. Mariposas e borboletas na Restinga de Jurubatiba. In: Rocha CFD, Esteves FA, Scarano FR, Organizadores. *Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação*, pp. 143-164. RiMa.
- Monteiro RF, Macedo MVV. 1990. Perspectivas do estudo de ecologia de insetos em restingas. In: *Anais do Segundo Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: estrutura, função e manejo*, pp. 326-351. ACIESP, 3º Vol.
- Monteiro RF, Macedo MV. 2000. Flutuação populacional de insetos fitófagos em restinga. In: Esteves FA, Lacerda LD, Editores. *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras*, p.77-88. NUPEM/UFRJ.
- Monteiro RF, Becker VO. 2002. A new *Sigelgaita* Heinrich (Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae) feeding on cacti in Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19(supl. 1): 229-304
- Morais ABB, Romanowski HP, Iserhard CA, Marchiori MO, Segui R. 2007. Mariposas del Sur de Sudamérica (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea). *Ciência e Ambiente* 1(35): 29-46.
- Moreno JA. 1961. *Clima do Rio Grande do Sul*. Secretaria da Agricultura.
- Owen DF. 1971. The behaviour of adult butterflies. In: OWEN D.F. *Tropical butterflies*, pp. 157-167. Oxford University Press.
- Pastore U, Filho ALRR, Teixeira MB, Neto ABC. 1986. *Vegetação - Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais*. IBGE, Vol. 33.
- Paz ALG, Romanowski HP, Morais AB. 2008. Nymphalidae, Papilionidae e Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica* 8(1): 21-29.

- Pedrotti, VS, Barros MP, Romanowski HP, Iserhard CA. 2011. Borboletas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) ocorrentes em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(1), Disponível online, <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?article+bn03011012011>
- Pollard E. 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological Conservation* 12(2): 115-134.
- Pollard E, Elias DO, Skelton MJ, Thomas JA. 1975. A method of assessing the abundance of butterflies in Monks Wood National Nature Reserve in 1973. *Entomologist's Gazette* 26: 79-88.
- Pollard E, Yates TJ. 1993. *Monitoring butterflies for ecology and conservation*. Chapman & Hall.
- Pozo C, Llorente JB, Matínez AL, Fernández IV, Suárez NS. 2005. Reflexiones acerca de los métodos de muestreo para mariposas en las comparaciones biogeográficas. In: Llorente J.B., Morrone J.J., Editores. *Regionalización biogeográfica de Iberoamérica y tópicos afines: Primeras Jornadas Biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática*, pp. 203- 215. UNAM.
- Price PW. 1997. *Insect Ecology*. Wiley.
- Quadros FC, Dorneles AL, Corseuil E. 2004. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no norte da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências* 12(2): 147-164.
- Quadros MT. 2009. *Diversidade e composição da assembléia de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em diferentes ambientes da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.

Rambo B. 1994. *A fisionomia do Rio Grande do Sul*. 3ª edição. UNISINOS.

Ramos RR, Freitas AVL. 1999. Population biology and wing color variation in *Heliconius erato phyllis* (Nymphalidae). *Journal of the Lepidopterists Society* 53(1): 11-21.

Ritter CD, Lemes R, Morais ABB, Dambros CS. 2011. Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(1), Disponível online, <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?inventory+bn00511012011>

Rizzini CT. 1997. *Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. Âmbito Cultural.

Rocha CFD, Bergallo HG, Alves MAS, Van Sluys M. 2003. *A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica*. RiMa.

Romanowski HP, Iserhard CA, Hartz SM. 2009. Borboletas da Floresta com Araucária. In: Fonseca CR, Souza AF, Leal-Zanchet AM, Dutra T, Backes A, Ganade G, Editores. *Floresta com Araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável*, pp. 229-240. Holos.

Rosa PLP, Chiva EQ, Iserhard CA. 2011. Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) do sudoeste do Pampa Brasileiro, Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(1), Disponível online, <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?inventory+bn00411012011>

Ruszczyk A. 1986a. Ecologia urbana de borboletas. I. O gradiente de urbanização e a fauna de Porto Alegre, RS. *Revista Brasileira de Biologia* 46(4): 675-688.

Ruszczyk A. 1986b. Ecologia urbana de borboletas. II. Papilionidae, Pieridae e Nymphalidae em Porto Alegre, RS. *Revista Brasileira de Biologia* 46(4): 689-706.

- Ruszczyk A. 1986c. Organização das comunidades de borboletas nas principais avenidas de Porto Alegre, RS. *Revista Brasileira de Entomologia* 30(2): 265-269.
- Ruszczyk A. 1986d. Distribution and abundance of butterflies in the urbanization zones of Porto Alegre, Brazil. *Journal of Research on Lepidoptera* 25(3): 157-178.
- Sackis JD, Morais ABB. 2008. Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) do Campus da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. *Biota Neotropica* 8(1):151-158.
- Santos JP, Iserhard CA, Teixeira MO, Romanowski HP. 2011. Guia de borboletas frugívoras das Florestas Ombrófilas Densa e Mista do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(3), Disponível online, <http://wwwbiotaneotropica.org.br/v11n3/pt/abstract?inventory+bn0131> 1032011 ISSN 1676-0603.
- Schantz AA. 2000. *Levantamento da Diversidade de Borboletas (Lepidoptera: Rhopalocera), no Parque Estadual do Turvo, RS e no Parque Estadual de Itapuã, RS.* Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Schwartz G, Di Mare RA. 2001. Diversidade de quinze espécies de borboletas (Lepidoptera, Papilionidae) em sete comunidades de Santa Maria, RS. *Ciência Rural* 31(1): 45-55.
- Scott JA. 1975. Flight patterns among eleven species of diurnal Lepidoptera. *Ecology* 56: 1367-1377.
- Shapiro AM, VanBuskirk R, Kareofelas G, Patterson WD. 2003. Phenofaunistics: seasonality as a property of butterfly faunas. In: BOGGS CL, WATT WB, EHRLICH PR, Editores. *Butterflies. Ecology and evolution taking flight*, pp.111-147. The University of Chicago Press.

- Spalding A. 1997. The use of the butterfly transect method for the study of the nocturnal moth *Luperina nickerlii leechi* Goater (Lepidoptera: Noctuidae) and its possible application to other species. *Biological Conservation* 80(2): 147–152.
- Spitzer K, Jaros J, Havelka J, Leps J. 1997. Effect of small-scale disturbance on butterfly communities of an Indochinese montane rainforest. *Biological Conservation* 80(1): 9-15.
- Srygley RB. 1994. Shivering and its cost during reproductive behaviour in Neotropical owl butterflies, *Caligo* and *Opsiphanes* (Nymphalidae: Brassolinae). *Animal Behaviour* 47(1): 23-32.
- Teixeira EC. 2000. *Levantamento da Diversidade de Borboletas (Lepidoptera: Rhopalocera) das Formações Nativas do Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS*. Dissertação (Bacharelado). Curso de Ciências Biológicas, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Teixeira EC. 2003. *A diversidade de borboletas (Lepidoptera: Rhopalocera) como elemento de caracterização em diferentes ambientes no Parque Estadual de Itapuã, RS*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Teixeira MO. 2005. *Diversidade de borboletas da Reserva Biológica do Lami, Porto Alegre, RS*. Monografia (Bacharelado), Curso de Biologia, ULBRA, Canoas, RS.
- Teixeira MO. 2008. *Diversidade de borboletas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) em ambientes de Mata Atlântica, RS, Brasil*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Teston JA, Corseuil E. 1998. Lista documentada dos papilionídeos (Lepidoptera, Papilionoidea) do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências* 6(2): 81-94.

- Teston JA, Corseuil E. 1999. Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 1. Papilionidae. *Biociências* 4: 217-228.
- Teston JA, Corseuil E. 2000a. Lista documentada dos pierídeos (Lepidoptera, Pieridae) do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências* 8(2): 115-132.
- Teston JA, Corseuil E. 2000b. Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 2. Pieridae. *Biociências* 5: 143-155.
- Teston JA, Corseuil E. 2001. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte I. Danainae e Ithomiinae. *Biociências* 9(1): 51-61.
- Teston JA, Corseuil E. 2002a. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte II. Brassolinae e Morphinae. *Biociências* 10(1): 75-84.
- Teston JA, Corseuil E. 2002b. Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 3. Nymphalidae. *Divulgação do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS* (7): 79-125.
- Teston JA, Corseuil E. 2008a. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte IV. Apaturinae e Charaxinae. *Biociências* 16(1): 28-32.
- Teston JA, Corseuil E. 2008b. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte V. Biblidinae e Limenitidinae. *Biociências* 16(1): 33-41.
- Teston JA, Corseuil E. 2008c. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte VI. Nymphalinae e Satyrinae. *Biociências* 16(1): 42-51.
- Teston JA, Toledo KG, Corseuil E. 2006. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte III. Heliconiinae e Libytheinae. *Biociências* 4(2): 208-213.

- Townsend CR, Begon M, Harper JL. 2006. *Fundamentos em Ecologia*. Artmed.
- Uehara-Prado M, Brown Jr KS, Freitas AVL. 2007. Species richness, composition and abundance of fruit-feeding butterflies in the Brazilian Atlantic Forest: comparison between a fragmented and a continuous landscape. *Global Ecology and Biogeography* 16(1): 43-54.
- Van Dyck H, Matthysen E. 1998. Thermoregulatory differences between phenotypes in the speckled wood butterfly: hot perchers and cold patrollers? *Oecologia* 114 (3): 326-334.
- Vanini F, Bonato V, Freitas AVL. 1999. Polyphenism and population biology of *Eurema elathea* (Pieridae) in a disturbed environment in tropical Brazil. *Journal of the Lepidopterists Society* 53(4): 159-168.
- Waechter JL. 1985. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS, Série Botânica* 33: 49-68.
- Waechter JL. 1990. Comunidades vegetais das restingas do Rio Grande do Sul. In: *Anais do II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira*, pp.228-248. ACIESP, Vol. 3.
- Waechter JL, Jarenkow JA. 1998. Composição e estrutura do componente arbóreo nas matas turfosas do Taim, Rio Grande do Sul. *Biotemas* 11(1): 45-69.
- Walpole MJ, Sheldon IR. 1999. Sampling butterflies in tropical rainforest: an evaluation of a transect walk method. *Biological Conservation* 87(1): 85-91.
- Weymer G. 1894. Exotische Lepidopteren. VII. Beitrag zur Lepidopterenfauna von Rio Grande do Sul. *Stettiner entomologische Zeitung* 55(10-12): 311-333.
- Wiens JA. 1986. Spatial scale and temporal variation in studies of shrubsteppe birds. In: Diamond J, Case TJ, Editores. *Community ecology*, pp. 154-172. Harper & Row.

- Wiens JA, Addicott JF, Case TJ, Diamond J. 1986. Overview: the importance of spatial and temporal scale in ecological investigations. In: Diamond J, Case TJ, Editores. *Community ecology*, pp. 145-153. Harper & Row.
- Williams PH, Gaston KJ. 1994. Measuring more of biodiversity: can higher-taxon richness predict wholesale species richness? *Biological Conservation* 67(3): 211-217.
- Wood B, Gillman MP. 1998. The effects of disturbance on forest butterflies using two methods of sampling in Trinidad. *Biodiversity and Conservation* 7(5): 597-616.
- Yamamoto M. 1975. Notes on the methods of belt transect census of butterflies. *Journal of the Faculty of Sciences of Hokkaido University, Series IV, Zoology* 20(1): 93-116.
- Zanetti R., Vilela EF, Zanuncio JC, Moura JIL. 1996. Ritmo de atividade diária de vôo de *Brassolis sophorae* (L., 1758) (Lepidoptera, Nymphalidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 40(2): 245-248.

6. ARTIGOS

6.1. Artigo 1

Manuscrito a ser submetido para SHILAP Revista de Lepidopterologia

Borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea e Hesperioidea) em dois ambientes florestais contrastantes no sul do Brasil.

Maria Ostilia Marchiori*

Laboratório de Ecologia de Insetos, Departamento de Zoologia, UFRGS,
Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

E-mail: mariosti2@hotmail.com *Autor para correspondência.

Helena Piccoli Romanowski

Laboratório de Ecologia de Insetos, Departamento de Zoologia, UFRGS,
Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

E-mail: hpromano@ufrgs.br

Milton de Souza Mendonça Jr

Departamento de Ecologia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves 9500,
CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

E-mail: milton.mendonca@ufrgs.br

Resumo

O presente trabalho apresenta uma relação das espécies de borboletas registradas em Matas de Restinga e em Matas de Araucária no extremo sul do Brasil. Foram realizadas amostragens sazonais de julho de 2007 a maio de 2009, em ambas as localidades. Após 480 horas de amostragens, foram registrados 3.347 indivíduos distribuídos em 188 espécies e subespécies de borboletas, pertencentes a seis famílias. Dentre estas, 61 espécies são novas ocorrências para a Mata de Restinga, 13 para a Mata de Araucária e três são novos registros para o Rio Grande do Sul.

PALAVRAS-CHAVE: Araucária, biodiversidade, Hesperiiidae, inventário, lista de espécies, Lycaenidae, Nymphalidae, Restinga.

Butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea and Hesperioidea) from two contrasting forest habitats in southern Brazil.

Resumen

Se presenta un listado de especies de mariposas diurnas presentes en Bosques de Restinga y en Bosques de Araucaria en el extremo sur de Brasil, elaborado a través de campañas estacionales entre julio de 2007 y mayo de 2009. Después de 480 horas de muestreo se han registrado un total de 3.347 individuos en 188 especies y subespecies de mariposas, pertenecientes a seis familias. El listado presenta 61 especies como nuevos registros para el Bosque de Restinga, 13 para el Bosque de Araucarias y tres para Rio Grande do Sul.

PALABRAS CLAVE: Araucaria, biodiversidad, Hesperiiidae, investigación, listados de especies, Lycaenidae, Nymphalidae, Restinga.

Introdução

As borboletas são um dos grupos de invertebrados mais estudados (HARDING *et al.*, 1995). No Brasil ocorrem cerca de 3.260 espécies (BROWN & FREITAS, 1999; FRANCINI *et al.*, 2011) e para o Rio Grande do Sul, Estado localizado no extremo sul do país, 769 registros já foram publicados (MORAIS *et al.*, 2007). Apesar disto, ainda existe uma grande lacuna sobre seu efetivo conhecimento. O Brasil é pouco representado por inventários de borboletas, e a maior parte de seu território está desprovido deste tipo de informação (CARNEIRO *et al.*, 2008).

Inventários centrados em espécies são o primeiro passo para o uso racional e conservação dos ecossistemas. Listas regionais são importantes por fornecer informações sobre diversidade taxonômica, genética e ecológica (MOTTA, 2002). Além disto, comparar a ocorrência de espécies em diferentes habitats ou localidades pode ser uma ferramenta útil para auxiliar na definição de formas adequadas de manejo e de áreas prioritárias para conservação (NÚÑEZ-BUSTOS, 2009).

A conservação *in situ*, por meio da criação e manutenção de unidades de conservação, pode ser considerada uma boa estratégia para conservação da natureza, pois permite a proteção do habitat, das espécies ali presentes e a continuidade de processos ecológicos (CHAPE *et al.*, 2005). O conhecimento da fauna que ocorre em áreas protegidas é fundamental para melhor compreensão dos padrões de distribuição de riqueza sobre a terra (MCKINNEY, 2010) e é uma das ações prioritárias do Plano de Ação Nacional para Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção no Brasil (FREITAS & MARINI-FILHO, 2011).

O Parque Estadual de Itapuã (PEI) e a Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA-SFP) se destacam por abrigar formações vegetais ameaçadas: as Matas de Restinga e as Matas de Araucária, respectivamente. No Brasil, as restingas são

consideradas pela WWF como uma ecoregião ameaçada, associada ao bioma Mata Atlântica (SILVA, 2001a). As Matas de Restinga ocorrem na planície costeira, apresentam características xerofíticas em sua vegetação e se desenvolvem sobre solos arenosos, com pouca umidade e disponibilidade de nutrientes (BRACK *et al.*, 1998).

A Mata de Araucária ou Floresta Ombrófila Mista, é uma das formações florestais mais importantes do sul do Brasil, ocorrendo em altitudes superiores aos 500 m. No hemisfério sul, é composta por uma associação de duas ou três espécies de gimnospermas de clima temperado, como a *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae), com uma flora de origem tropical (BACKES, 2009; SILVA, 2001b). Atualmente encontra-se bastante fragmentada, observando-se a sua substituição por agricultura, pecuária e reflorestamentos com *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. (GANADE & ZANINI, 2009).

A Mata de Restinga e a Mata de Araucária constituem formações vegetais contrastantes, com diferenças estruturais e fitofisionômicas. A heterogeneidade ambiental é um fator relevante para a presença de espécies em dado local. Conforme aumenta a complexidade estrutural de um ambiente, a riqueza de insetos também tende a aumentar (SIMONSON *et al.*, 2001). Borboletas apresentam estreitas associações com a vegetação onde ocorrem através da participação em diversos processos ecológicos (herbivoria, polinização, parasitismo) (BROWN & FREITAS, 1999), prestando indiretamente, inúmeros serviços à humanidade.

A lepidopterofauna das Restingas tem sido pouco estudada em todo o Brasil (MONTEIRO & MACEDO, 1990). No Rio Grande do Sul, QUADROS *et al.* (2004) registraram a ocorrência de borboletas no norte da Planície Costeira do Estado, mas não especificaram, dentro das áreas de amostragem, quais borboletas foram registradas somente em Matas de Restinga. MARCHIORI & ROMANOSKI (2006a) publicaram o

primeiro estudo relativo à fauna de borboletas em uma mancha de Mata de Restinga, realizado no PEI, enfatizando a variação na atividade da assembleia ao longo do dia.

A Mata de Araucária têm recebido maior atenção. Borboletas foram inventariadas em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista em diferentes localidades do município de São Francisco de Paula (TESTON & CORSEUIL, 1999, 2000, 2002; CORSEUIL *et al.*, 2004; ISERHARD *et al.*, 2010; PEDROTTI *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2011), assim como em dois municípios no norte do Rio Grande do Sul (RITTER *et al.*, 2011). Além disto, duas compilações envolvendo estes insetos foram publicadas (GRAZIA *et al.*, 2008; ROMANOWSKI *et al.*, 2009).

Os objetivos do presente estudo foram (i) inventariar as espécies de borboletas que ocorrem no interior de Matas de Restinga e Matas de Araucária, (ii) verificar a variação na composição das espécies entre estas formações vegetais, (iii) suprir deficiências no conhecimento da fauna de unidades de conservação e (iv) contribuir para o conhecimento de padrões de ocorrência e distribuição de borboletas no extremo sul do Brasil.

Material e Métodos

ÁREAS DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido em ambientes de Mata de Restinga (MR) no PEI e de Mata de Araucária (MA) na FLONA-SFP no Rio Grande do Sul. O PEI (30^o22'S 51^o02'W), apresenta uma área total de 5.566,50 ha e se localiza no município de Viamão. Além de Matas de Restinga apresenta fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, morros graníticos, dunas e lagoas. O clima da região é mesotérmico, sem estação seca e com verões quentes. A temperatura e a pluviosidade média anual da região variam em torno de 17,5°C de 1.300 mm (AREND, 1990).

A FLONA-SFP (29°24' S 50°22' W), apresenta uma área total de 1.606,60 ha e se localiza no município de São Francisco de Paula, na região dos Campos de Cima da Serra. Além das Matas com Araucária, que cobrem ca. 56,31% de sua área total, se encontram nesta localidade florestas de transição, campos de altitude e bosques plantados de *Pinus* spp e *Eucalyptus* spp (BACKES *et al.*, 2005). O clima na região é mesotérmico, sem estação seca, com verão brando e inverno frio. A temperatura média é de 14,5 °C e pode nevar durante o inverno. Toda a região apresenta altos níveis de pluviosidade em todos os meses do ano, com média anual de 2.252 mm (BACKES, 2009).

Em cada formação vegetal foram selecionadas duas áreas com ca. 2.500 m² em clareiras pré-existentes no interior da mata. As áreas de MR estão localizadas a 5 m de altitude e são formadas por capões arbóreo-arbustivos de vegetação espinhosa e xerofítica, entremeada por ambientes abertos e propícios à dessecação (BRACK *et al.*, 1998). As áreas de MA se localizam a 912 m de altitude e se apresentam como bosques de árvores nativas com presença marcante da *Araucaria angustifolia*, formando uma vegetação densa que permanece sombreada durante boa parte do dia (BACKES *et al.*, 2005).

AMOSTRAGEM

De julho de 2007 a maio de 2009, foram realizadas duas amostragens por estação do ano, por área de estudo, totalizando 32 ocasiões amostrais em cada formação vegetal.

As borboletas foram registradas através do método de observação de varredura, modificado a partir de MARCHIORI & ROMANOWSKI (2006a). Este consiste em uma vistoria abrangente na área de amostragem a fim de registrar as espécies presentes e quantificar sua abundância. As amostragens foram realizadas das 8:00 às 17:45 h (horário solar) e eram compostas por dez períodos sucessivos de 60 minutos, divididos em 45

minutos para o registro da fauna e 15 minutos de pausa, totalizando sete horas e 30 minutos de observações por dia.

O registro das borboletas foi efetuado através de observação direta e com auxílio de rede entomológica. Quando necessário para a identificação o indivíduo era capturado, e depois, solto. Tratando-se de uma espécie ainda não registrada e/ou de difícil identificação, o indivíduo era coletado para montagem e identificação em laboratório. Exemplares-testemunho estão depositados na Coleção de Lepidoptera do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob os códigos CLDZ7001 à CLDZ7460. As capturas foram realizadas com a Autorização para Atividades Científicas nº 13624-1, fornecida pelo IBAMA e com o Registro nº 251 fornecido pela DUC/SEMA-RS

A identificação das espécies foi realizada com auxílio da referida coleção, bibliografia especializada (D'ABRERA, 1981, 1984, 1987, 1988, 1994, 1995; BROWN, 1992; FRANCINI & PENZ, 2006; TYLER *et al.*, 1994; CANALS, 2000, 2003), e conforme o caso, consultas a especialistas. Seguiu-se a classificação proposta por LAMAS (2004) e MIELKE (2005). Para a família Nymphalidae seguiu-se WAHLBERG *et al.* (2009).

ANÁLISE DOS DADOS

Para confirmação dos novos registros de espécies de borboletas para as formações vegetais estudadas foi consultada a literatura disponível (vide introdução). Para a confirmação dos novos registros para o Estado foi consultada a literatura publicada sobre borboletas do Rio Grande do Sul (MORAIS *et al.*, 2007; RITTER *et al.*, 2011; ROSA *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2011 e referências nestes contidas).

A fim de verificar o quão representativa foi a amostragem das assembleias de borboletas foi plotada uma curva de suficiência amostral e calculados os estimadores analíticos de riqueza de espécies Jackknife 1 e Jackknife 2. As análises foram realizadas utilizando-se o programa EstimateS 8.2 (COLWELL, 2006). A escolha destes estimadores foi realizada com base em seus pressupostos, número de espécies infrequentes e no desempenho dos modelos em estudos anteriores realizados com borboletas no Rio Grande do Sul (MORAIS *et al.*, 2007).

A fim de verificar a existência de diferenças na riqueza das espécies entre os locais de estudo foi realizada uma análise de rarefação baseada em indivíduos.

Para avaliar a similaridade entre a assembleia de borboletas em MR e MA, examinou-se a proporção de espécies que foram registradas em apenas um local de estudo - denominadas “exclusivas” - e das espécies compartilhadas entre estes. A fim de determinar se as espécies exclusivas, por famílias de borboletas, ocorrem na mesma proporção que as espécies em geral em cada local de estudo, e se as proporções de espécies exclusivas por famílias são diferentes em cada formação vegetal, foi realizado um teste de Heterogeneidade (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Realizou-se, também, uma análise de agrupamento através da distância média (UPGMA) e com o índice de Jaccard. Foi construído um dendrograma cujo ajuste entre a matriz de distâncias foi estimado pelo coeficiente de correlação cofenética (r). Adotou-se o valor acima de 0,8 como indicativo de uma correspondência satisfatória entre o dendrograma e a matriz (SOKAL & ROHLF, 1962). Foram realizadas 1.000 permutações Bootstrap para cada agrupamento formado. Na raiz de cada um, é fornecido o valor percentual de réplicas aleatórias onde o grupo continua sendo suportado, indicando a robustez de cada agrupamento. Para identificar a importância de cada espécie para as diferenças entre as áreas de estudo foi efetuada a análise SIMPER. Para tanto foi adotada a

distância Euclidiana como índice de similaridade. Para a análise de agrupamento e SIMPER foi utilizado o programa PAST, versão 2.12 (HAMMER *et al.*, 2001).

Resultados e Discussão

Após 480 horas de amostragem, foram registrados 3.347 indivíduos distribuídos em 188 espécies e subespécies de borboletas, pertencentes a seis famílias. Na MR foram registradas 92 espécies, 25 tribos e 21 subfamílias e na MA, 134 espécies, 25 tribos e 18 subfamílias. Sessenta e uma espécies são novos registros para a Mata de Restinga do PEI, 13 são novas ocorrências para a Floresta Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul e para a FLONA-SFP e três espécies constituem novos registros para o Estado (Tabela I).

De acordo com os valores de riqueza calculados através dos estimadores analíticos Jackknife 1 e Jackknife 2, foram amostradas entre 68 e 75% das espécies de borboletas presentes na MR e entre 62 e 73% das espécies presentes na MA. Em estudo anterior, após um ano de amostragem no PEI, MARCHIORI & ROMANOWSKI (2006a) registraram 41 espécies de borboletas em uma mancha de Mata de Restinga. O incremento de 51% no número de espécies registradas na MR através deste trabalho, como esperado, corrobora a ideia de que o aumento na extensão temporal de um inventário tende a aumentar o número total de espécies observadas em dada localidade (FRANCINI *et al.*, 2011).

ISERHARD *et al.* (2010), realizaram um inventário das espécies de borboletas que ocorrem nas Matas de Araucária, campos nativos e reflorestamento de *Pinus elliotii* na FLONA-SFP e entorno, registrando, depois de 674 horas-rede de esforço amostral um total de 277 espécies. Comparando-se os estudos, observa-se que no presente trabalho obteve-se uma boa representatividade da fauna local. Aqui, o esforço amostral representa cerca de 37% daquele alcançado por ISERHARD *et al.* (2010), mas 48% do número de espécies foi

registrado, embora a fauna de somente um dos ambientes por eles estudado tenha sido amostrada.

A fauna de borboletas da MR foi significativamente menos rica do que a da MA (Fig. 1). Este fato pode estar relacionado, pelo menos, a dois aspectos: (i) diferenças nos fatores bióticos, possuindo as restingas menor complexidade estrutural e diversidade de espécies vegetais, limitando recursos alimentares para adultos e imaturos; (ii) diferenças nos fatores abióticos, nos quais o excesso de calor, luminosidade e a constância do vento influenciam a composição da vegetação de Restinga (MORENO, 1961), tornando esta formação menos favorável a presença de borboletas.

A família com maior riqueza de espécies foi Nymphalidae (MR, S = 33; MA, S = 54), seguida por Hesperidae (Fig. 2). Esta tendência vem sendo registrada em diferentes inventários realizados nas mesmas formações vegetais que o presente trabalho (Tabela II). Por outro lado, no Brasil e no sul da América do Sul, Hesperidae é a família mais rica, seguida de Nymphalidae (FRANCINI *et al.*, 2011; MORAIS *et al.*, 2007) (Tabela II). Para a Mata de Restinga, o único estudo (MARCHIORI & ROMANOWSKI, 2006a) disponível para comparações foi realizado ao longo de um ano, enquanto o presente estudo foi desenvolvido ao longo de dois anos. Como resultado, observa-se um aumento na proporção da riqueza de Hesperidae em relação à de Nymphalidae. Na Mata de Araucária, o mesmo padrão foi constatado. Os resultados aqui apresentados, portanto, corroboram a diferença no ritmo de acúmulo de espécies entre estas duas famílias (FRANCINI *et al.*, 2011; MORAIS *et al.*, 2007). Nymphalidae apresenta um ritmo de acúmulo mais rápido, enquanto Hesperidae requer um prazo maior para que suas espécies estejam igualmente bem representadas nas amostragens.

Na MR, a terceira família com maior representatividade de espécies foi Pieridae, enquanto que na MA, foi Lycaenidae (Fig. 2). Os pierídeos são especialmente ricos em

áreas abertas e os licenídeos em florestas montanhosas (BROWN & FREITAS, 1999; FRANCINI *et al.*, 2011). Riodinidade foi a família com a menor riqueza de espécies em ambas localidades.

Papilionidae foi mais rica na MR do que na MA (Fig. 2). Muitas espécies desta família podem ser indicadoras de matas bem conservadas e de recursos hídricos abundantes e outras estão associadas a áreas abertas e ensolaradas (BROWN & FREITAS, 1999). Ao longo do desenvolvimento do presente estudo, muitos Papilionidae foram avistados frequentando preferencialmente locais ensolarados, mesmo no interior da mata.

Apenas 20% do total das 188 espécies foram registradas em ambas as formações vegetais (Fig. 3). A MA apresentou o maior número de espécies exclusivas, refletindo a maior riqueza do local. A família Papilionidae representou uma exceção, com três espécies registradas na MR e nenhuma exclusivamente na MA. Sugere-se que os mesmos aspectos de especificidade de habitat discutidos anteriormente sejam a razão para tal. Nenhuma das nove espécies de Riodinidae ocorreu em ambos locais de estudo, mas dado o pequeno número total de espécies registradas, esta diferença não foi significativa. A baixa similaridade entre a fauna presente na MR e na MA também foi corroborada pelo índice de Jaccard (Fig. 4). O coeficiente de correlação cofenética ($r = 0,97$) mostrou um ótimo ajuste entre a representação gráfica das distâncias e a sua matriz original, o que evidencia elevada confiabilidade na realização de inferências por meio da avaliação visual da Figura 4. Esta indica uma clara separação entre as formações vegetais estudadas.

A maior proporção de espécies de Lycaenidae e Ithomiini registradas na Mata de Araucária salienta o papel que as condições de umidade e sombra (BROWN, 2000) possam estar representando para a presença dessas espécies. Por outro lado, a MR, um ambiente com mata de porte baixo, pouco sub-bosque e pouca sombra, apresentou espécies exclusivas tipicamente heliófilas, tais como *Eunica eburnea* Fruhstorfer, 1907, *Junonia*

evarete (Cramer, 1779) e *Pampasatyrus periphas* (Godart, [1824]). Sugere-se que as Matas de Restinga, devido ao seu caráter aberto e ensolarado, guardem maior semelhança com os ambientes de campo, e que seu caráter xerofítico possa, em parte, prevenir a ocorrência de pelo menos algumas espécies de borboletas.

Adicionando-se o critério de abundância, através da análise SIMPER, do total de 188 espécies de borboletas registradas, apenas 18 contribuíram com 56% da diferença entre as assembleias da MR e da MA. Destas, *E. eburnea* (6%) e *Morpho epistrophus catenaria* (Perry, 1811) (5%) contribuíram com os maiores valores percentuais. *E. eburnea* é uma borboleta bastante comum e ocorre desde a região sudeste do Brasil (Espírito Santo) até a Argentina, mas não foi registrada na MA. É uma borboleta frugívora que pode ser encontrada em vegetação primária ou secundária, mas tem sido registrada com mais frequência, em áreas pouco elevadas e abertas, tais como campos e savanas (JENKINS, 1990). Já *M. epistrophus catenaria* é uma espécie característica de Mata Atlântica, ou seja, de ambientes que apresentam maior umidade. Pode ser encontrada tanto em florestas preservadas quanto em ambientes de mata secundária (ROMANOWSKI *et al.*, 2009).

Dentre as espécies que merecem destaque no presente estudo encontram-se *Dismorphia melia* (Godart, [1824]) (Pieridae), *Morpho portis thamyris* C. Felder & R. Felder, 1867 (Nymphalidae) e *Heliconius besckei* Ménétriés, 1857 (Nymphalidae) registradas na MA. Estas espécies são associadas a matas nativas preservadas e secundárias em grandes altitudes. *D. melia* foi registrada apenas uma vez no presente estudo, enquanto que ISERHARD *et al.* (2010) registraram esta espécie em 26 ocasiões. *M. portis thamyris* é uma espécie frugívora, pouco registrada na FLONA-SFP (ROMANOWSKI *et al.*, 2009).

H. besckei ocorre predominantemente em altitudes superiores a 600 metros, em uma pequena faixa entre a Floresta Ombrófila Densa e Mista, sendo o Rio Grande do Sul

seu limite meridional de distribuição (ROMANOWSKI *et al.*, 2009). Foi registrada em apenas uma ocasião na MA.

Três das espécies relacionadas no presente estudo constituem novos registros para o Rio Grande do Sul (Tabela I): dois Lycaenidae e um Hesperidae. Este fato corrobora a constatação de ISERHARD & ROMANOWSKI (2004) e de MARCHIORI & ROMANOWSKI (2006b) quanto à importância que os licenídeos e hesperídeos ainda podem ter no enriquecimento das listas de espécies para o Estado. Estas famílias apresentam espécies difíceis de amostrar e identificar devido ao seu tamanho reduzido, voo rápido, ou mesmo, coloração críptica (BROWN & FREITAS, 1999; FRANCINI *et al.*, 2011), sendo esta, provavelmente, uma das razões para ainda possuírem novos registros no Estado.

Conclusões

Inventariar grupos considerados bem estudados pode, ainda assim, contribuir para o conhecimento das regiões investigadas. O número de novos registros para as formações vegetais e unidades de conservação abordadas, bem como os estimadores de riqueza, evidenciaram que a fauna de borboletas do Rio Grande do Sul ainda carece de estudos pontuais em regiões prioritárias, como o Pampa.

A Mata de Araucária, com heterogeneidade ambiental e estrutura vegetacional mais complexas, apresentou maior riqueza de espécies de borboletas. Já a Mata de Restinga, apresentou uma fauna mais associada aos ambientes de campo do Bioma Pampa. Nymphalidae e Hesperidae, as famílias mais ricas, dominaram as assembléias de borboletas estudadas, determinando os padrões de diversidade avaliados.

Inventariamentos podem revelar características importantes de comunidades locais, tais como, a utilização de recursos e a preferência de habitat, além de auxiliar no

conhecimento da fauna regional. Estudos realizados em unidades de conservação podem ser diretamente aplicados no manejo de tais áreas, evidenciando sua importância para a manutenção dos processos e dinâmicas dos habitats de uma região. Os resultados aqui apresentados espelham a composição peculiar das assembleias de borboletas encontrada no PEI e na FLONA-SFP e corroboram a importância da manutenção destas áreas protegidas. Assim sendo, espera-se que o presente estudo possa ser útil a futuras ações de manejo destas unidades de conservação, além de contribuir para ampliar o conhecimento sobre a fauna de borboletas do sul do Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas do Laboratório de Ecologia de Insetos da UFRGS pela ajuda ao longo do trabalho. À Edenice B.A. de Souza pelo suporte logístico na FLONA-SFP. À Jairo Schwantz pelo apoio durante os trabalhos de campo no PEI. Aos doutores André V.L. Freitas, Curtis Callaghan, Olaf H.H. Mielke, Ronaldo B. Francini e à Alfred Moser, pelas identificações de diversas borboletas. Ao CNPq pelo apoio financeiro (Processo 472175/2007-6) e bolsa concedida para M.O. Marchiori e H.P. Romanowski (Processos 141027/2007-0 e 308292/2007-3). Contribuição nº ____ do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BIBLIOGRAFIA

- AREND, L. M., 1990.- Geografia física.- In G. R. HOFFMANN, L. M. AREND, J. C. B. SILVEIRA, H. R. BELLOMO & J. L. M. NUNES. *Rio Grande do Sul. Aspectos da Geografia*: 104 pp. Martins Livreiro, Porto Alegre.
- BACKES, A., 2009.- Distribuição geográfica atual da Floresta com Araucária: condicionamento climático.- In C. R. Fonseca, A. F. Souza, A. M. Leal-Zanchet, T.

- Dutra, A. Backes & G. Ganado. *Floresta com Araucária. Ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável*: 326 pp. Holos, Ribeirão Preto.
- BACKES, A., PRATES, F. L. & VIOLA, M. G., 2005.- Produção de serrapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil.- *Acta Bot. Bras.*, **19**(1): 155-160.
- BRACK, P., RODRIGUES, R. S., SOBRAL, M. & LEITE, S. L. C., 1998.- Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.- *Iheringia, Sér. Bot.*, **51**(2): 139-166.
- BROWN, K. S., 1992.- Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal.- In L. P. C. MORELLATO. *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*: 321 pp. UNICAMP/FAPESP, Campinas.
- BROWN, K. S., 2000.- Atlantic forest butterflies: indicators of landscape conservation.- *Biotropica*, 32(4b): 934-956.
- BROWN, K. S. & FREITAS, A. V. L., 1999.- Lepidoptera.- In C. R. F. BRANDÃO & E. M. CANCELLO. *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. Invertebrados Terrestres*: 279 pp. FAPESP, São Paulo.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M., 2003.- *Bioestatística: princípios e aplicações*: 255pp. Artmed, Porto Alegre.
- CANALS, G. R., 2000.- *Mariposas Bonaerenses*: 347 pp. L.O.L.A., Buenos Aires.
- CANALS, G. R., 2003.- *Mariposas de Misiones*: 492 pp. L.O.L.A., Buenos Aires.
- CARNEIRO, E., MIELKE, O. H. H. & CASAGRANDE, M. M., 2008.- Inventário de borboletas no Brasil: estado da arte e modelo de áreas prioritárias para pesquisa com vistas à conservação.- *Nat. & Conserv.*, **6**(2): 68-90.

- CHAPE, S., HARRISON, J., SPALDING, M. & LYSENKO, I., 2005.- Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets.- *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B.*, **360**: 443–455.
- COLWELL, R. K., 2006.- EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>.
- CORSEUIL, E., QUADROS, F. C., TESTON, J. A. & MOSER, A., 2004.- Borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 4. Lycaenidae.- *Divul. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS.*, **9**: 65-70.
- D'ABRERA, B., 1981.- *Butterflies of the Neotropical Region. Part I. Papilionidae & Pieridae*: XIV+172 pp. Hill House, Victoria.
- D'ABRERA, B., 1984.- *Butterflies of the Neotropical Region. Part II. Danaidae, Ithomidae, Heliconidae & Morphidae*: XII+210 pp. Hill House, Victoria.
- D'ABRERA, B., 1987.- *Butterflies of the Neotropical Region. Part IV. Nymphalidae (partim)*: XV+150 pp. Hill House, Victoria.
- D'ABRERA, B., 1988.- *Butterflies of the Neotropical Region. Part V. Nymphalidae (conc.) & Satyridae*: IX+197 pp. Hill House, Victoria.
- D'ABRERA, B., 1994.- *Butterflies of the Neotropical Region. Part VI. Riodinidae*: IX+216 pp. Hill House, Victoria.
- D'ABRERA, B., 1995.- *Butterflies of the Neotropical Region. Part VII. Lycaenidae*: XI + 172 pp. Hill House, Victoria.
- FRANCINI, R. B. & PENZ, C. M., 2006.- An illustrated key to male *Actinote* from Southeastern Brazil (Lepidoptera, Nymphalidae).- *Biota Neotropica* **6**: <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n1/pt/abstract?identification-ey+bn00606012006>.

- FRANCINI, R. B., DUARTE, M., MIELKE, O. H. H., CALDAS, A. & FREITAS, A. V. L., 2011.- Butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea and Hesperioidea) of the “Baixada Santista” region, coastal São Paulo, Southeastern Brazil.- *Rev. Bras. Entomol.*, **55**(1): 55-68.
- FREITAS, A. V. L. & MARINI-FILHO, O. J. (Orgs.), 2011.- *Plano de Ação Nacional para Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção*: 124pp. Ministério do Meio Ambiente - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília.
- GANADE, G. & ZANINI, L., 2009.- Restauração de Floresta com Araucária em áreas degradadas.- *In* C. R. FONSECA, A. F. SOUZA, A. M. LEAL-ZANCHET, T. DUTRA, A. BACKES & G. GANADE. *Floresta com Araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável*: 326 pp. Holos, Ribeirão Preto.
- GRAZIA, J., ROMANOWSKI, H. P., ARAÚJO, P. B., SCHWERTNER, C. F., ISERHARD, C. A., MOURA, L. A. & FERRO, V. G., 2008.- Artrópodos Terrestres.- *In* G. BOND-BUCKUP. *Biodiversidade dos Campos de Cima da Serra*: 196 pp. Libretos, Porto Alegre.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. Paleontological statistics software for education and data analysis - PAST. *Paleontologia Electronica* 4(1): 1-9. <http://folk.uio.no/ohammer/past>
- HARDING, P. T., ASHER, J. & YATES, T. J., 1995.- Butterfly Monitoring: recording the changes.- *In* A. S. PULLIN. *Ecology and Conservation of Butterflies*: 363 pp. Chapman & Hall, London.
- ISERHARD, C. A., QUADROS, M. T., ROMANOWSKI, H. P. & MENDONÇA JR., M. S., 2010.- Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) ocorrentes em diferentes ambientes na Floresta Ombrófila Mista e nos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul, Brasil.- *Biota Neotrop.*, **10**(1): 309-320.

- ISERHARD, C. A. & ROMANOWSKI, H. P., 2004.- Lista de espécies de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) da região do vale do rio Maquiné, Rio Grande do Sul, Brasil.- *Rev. Bras. Zool.*, **21**(3): 649-662.
- JENKINS, D. W., 1990.- *Neotropical Nymphalidae VIII. Revision of Eunica*.- Bulletin of the Allyn Museum n° 131, Gainesville.
- LAMAS, G., 2004.- *Atlas of Neotropical Lepidoptera. Checklist: Part 4A. Hesperioidea & Papilionoidea*: 439 pp. Scientific Publishers, Gainesville.
- MARCHIORI, M. O. & ROMANOWSKI, H. P., 2006a.- Species composition and diel variation of a butterfly taxocene (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in a restinga wood at Itapuã State Park, Southern Brazil.- *Rev. Bras. Zool.*, **23**(2): 443-454.
- MARCHIORI, M. O. & ROMANOWSKI, H. P., 2006b.- Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) do Parque Estadual do Espinilho e entorno, Rio Grande do Sul, Brasil.- *Rev. Bras. Zool.*, **23**(4): 1029-1037.
- MCKINNEY, M. L., 2010.- Shedding some light on people and biodiversity.- *Anim. Conserv.*, **13**: 444-445.
- MIELKE, O. H. H., 2005.- *Catalogue of the American Hesperioidea: Hesperiidae (Lepidoptera). Vol. 1. Complementary and supplementary parts to the checklist of the Neotropical region; Hesperioidea, Hesperiidae, Pyrrhopiginae*. Sociedade Brasileira de Zoologia, Curitiba.
- MONTEIRO, R. F. MACEDO, M. V., 1990.- Perspectivas do estudo de ecologia de insetos em restingas.- *In: Anais do Segundo Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: estrutura, função e manejo*: 429 pp. ACIESP, Águas de Lindóia.
- MORAIS, A. B., ROMANOWSKI, H. P., ISERHARD, C. A., MARCHIORI, M. O., SEGUI, R., 2007.- Mariposas del Sur de Sudamérica (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea).- *Ciência & Ambiente*, **1**(35): 29-46.

- MORENO, J. A., 1961.- *Clima do Rio Grande do Sul*: 42pp. Secretaria da Agricultura, Porto Alegre.
- MOTTA, P. C., 2002.- Butterflies from the Uberlândia region, central Brasil: species list and biological comments.- *Braz. J. Biol.*, **62**(1): 151-163.
- NÚÑEZ-BUSTOS, E. O., 2009.- Mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea) del Parque Nacional Iguazú, Provincia de Misiones, Argentina.- *Trop. Lepid. Res.*, **19**(2): 71-81.
- PEDROTTI, V. S., BARROS, M. P., ROMANOWSKI, H. P. & ISERHARD, C. A., 2011.- Borboletas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) ocorrentes em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Rio Grande do Sul, Brasil.- *Biota Neotrop.*, **11**(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?article+bn03011012011>
- QUADROS, F. C., DORNELES, A. L., CORSEUIL, E., 2004.- Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no norte da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.- *Biociências* **12**(2): 147-164.
- RITTER, C. D., LEMES, R., MORAIS, A. B. B. & DAMBROS, C. S., 2011.- Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, Rio Grande do Sul, Brasil.- *Biota Neotrop.*, **11**(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?inventory+bn00511012011>
- ROMANOWSKI, H. P., ISERHARD, C. A. & HARTZ, S. M., 2009.- Borboletas da Floresta com Araucária. In C. R. FONSECA, A. F. SOUZA, A. M. LEAL-ZANCHET, T. DUTRA, A. BACKES & G. GANADE. *Floresta com Araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável*: 326 pp. Holos, Ribeirão Preto.
- ROSA, P. L. P., CHIVA, E. Q. & ISERHARD, C. A., 2011.- Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) do sudoeste do Pampa Brasileiro, Uruguiana, Rio

- Grande do Sul, Brasil.- *Biota Neotrop.*, **11**(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?inventory+bn00411012011>
- SANTOS, J. P., ISERHARD, C. A., TEIXEIRA, M. O. & ROMANOWSKI, H. P., 2011.- Guia de borboletas frugívoras das Florestas Ombrófilas Densa e Mista do Rio Grande do Sul, Brasil.- *Biota Neotrop.*, **11**(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n3/pt/abstract?inventory+bn01311032011>
- SILVA, J. M. C., 2001a.- Atlantic Coast restingas (NT0102). WWF terrestrial ecoregions. http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt0102_full.html.
- SILVA, J.M.C., 2001b.- Araucaria moist forests (NT0101). WWF terrestrial ecoregions. http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt0101_full.html.
- SIMONSON, S. E., OPLER, P. A., STOHLGREN, T. J. & CHONG, G. W., 2001.- Rapid assessment of a butterfly diversity in a montane landscape.- *Biodivers. Conserv.*, **10**: 1369-1386.
- SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J., 1962.- The comparison of dendrograms by objective methods.- *Taxonomy*, **11**(1): 30-40.
- TESTON, J. A. & CORSEUIL, E., 1999.- Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 1. Papilionidae.- *Biociências*, **4**: 217-228.
- TESTON, J. A. & CORSEUIL, E., 2000.- Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 2. Pieridae.- *Biociências*, **5**: 143-155.
- TESTON, J. A. & CORSEUIL, E., 2002.- Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 3. Nymphalidae.- *Divul. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS.*, **7**: 79-125.

TYLER, H., BROWN, K. S. & WILSON, K., 1994.- *Swallowtail Butterflies of the Americas*: 376 pp. Scientific Publishers, Florida.

WAHLBERG, N., LENEVEU, J., KODANDARAMAIAH, U., PEÑAS, C., NYLIN, S., FREITAS, A. V. L. & BROWER, A. V. Z., 2009.- Nymphalid butterflies diversify following near demise at the cretaceous/tertiary boundary.- *Proc. R. Soc. B.*, **276**: 4295-4302.

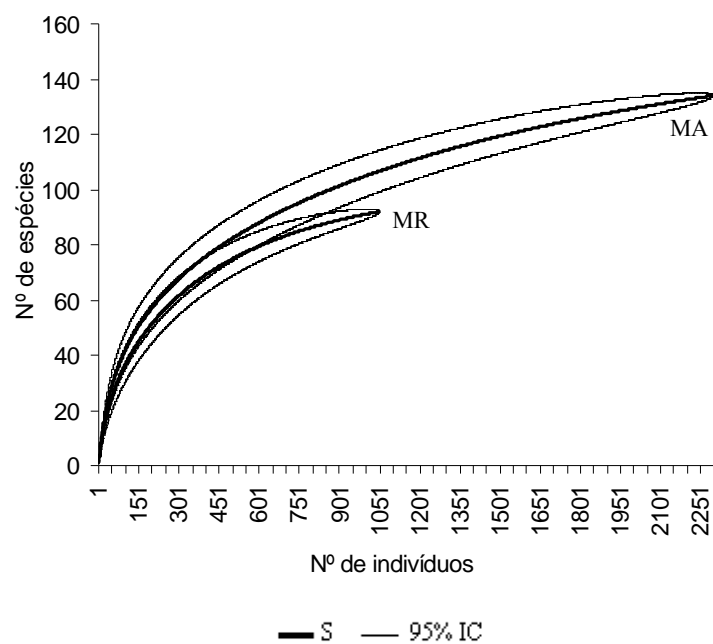


Figura 1. Rarefação baseada em indivíduos para a riqueza de espécies registrada entre as áreas de Mata de Restinga (MR) e de Mata de Araucária (MA) no extremo sul do Brasil.

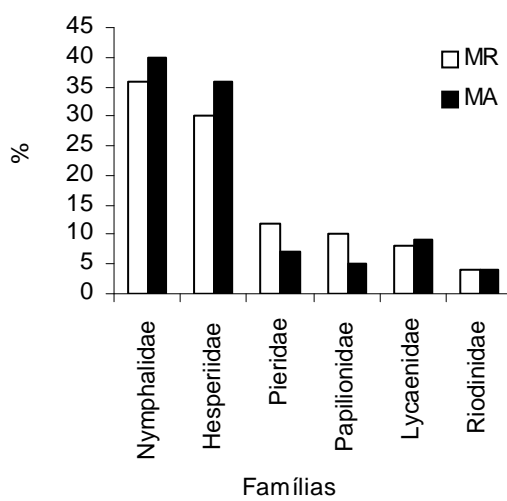


Figura 2. Proporção de espécies por famílias de borboletas registradas nas áreas de Mata de Restinga (MR) e de Mata de Araucária (MA) no extremo sul do Brasil.

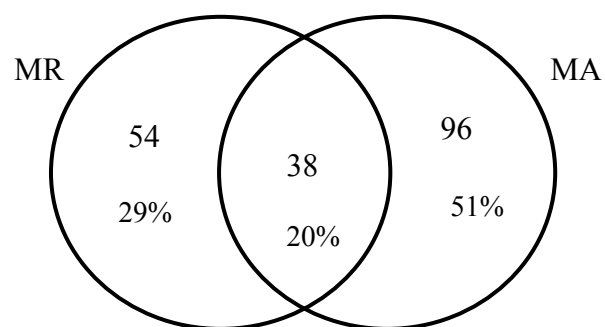


Figura 3. Riqueza de espécies de borboletas exclusivas e compartilhadas entre a Mata de Restinga (MR) e a Mata de Araucária (MA) no extremo sul do Brasil.

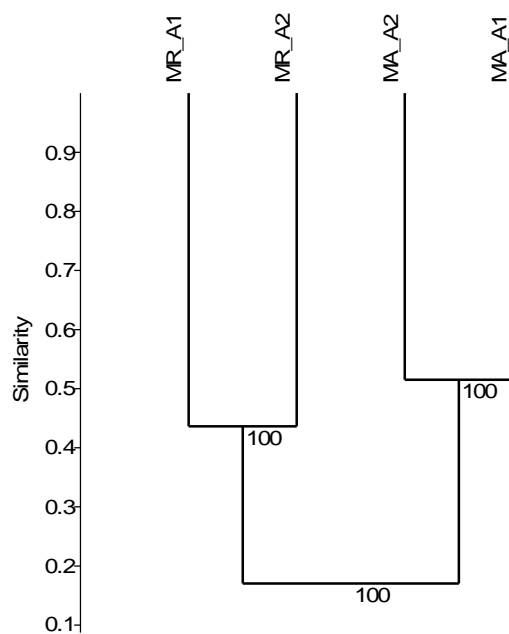


Figura 4. Dendrograma de similaridade (índice de Jaccard) entre as assembleias de borboletas nas áreas de estudo da Mata de Restinga (MR) e da Mata de Araucária (MA) extremo sul do Brasil. (A1) Área 1 e (A2) área 2.

Tabela I. Espécies de borboletas registradas na Mata de Restinga (MR) do Parque Estadual de Itapuã e na Mata de Araucária (MA) da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, extremo sul do Brasil. (S) Número de espécies, (*) novos registros para a Mata de Restinga, (•) novos registros para a Mata de Araucária e (#) novos registros para o Estado do Rio Grande do Sul.

| Famílias/Subfamílias/Tribos/Espécies | MR | MA |
|---|----|----|
| HESPERIIDAE (S = 66) | | |
| Hesperiinae (S = 35) | | |
| * <i>Ancyloxypha nitedula</i> (Burmeister, 1878) | X | |
| <i>Anthoptus epictetus</i> (Fabricius, 1793) | | X |
| <i>Arotis derasa brunnea</i> (Mielke, 1972) | | X |
| <i>Callimormus interpunctata</i> (Plötz, 1884) | | X |
| <i>Callimormus rivera</i> (Plötz, 1882) | | X |
| • <i>Chalcone briquenydan australis</i> Mielke, 1980 | | X |
| * <i>Conga iheringii</i> (Mabille, 1891) | X | |
| <i>Conga immaculata</i> (Bell, 1930) | | X |
| <i>Corticea immocerinus</i> (Hayward, 1934) | X | |
| <i>Corticea lysias potex</i> Evans, 1955 | | X |
| <i>Cumbre cumbre</i> (Schaus, 1902) | | X |
| <i>Cymaenes tripunctata tripunctata</i> (Latreille, [1824]) | | X |
| * <i>Hylephila phyleus phyleus</i> (Drury, 1773) | X | |
| * <i>Lerodea eufala eufala</i> (W. H. Edwards, 1869) | X | |
| <i>Lucida lucia lucia</i> (Capronnier, 1874) | | X |
| * <i>Lucida ranesus</i> (Schaus, 1902) | X | |
| * <i>Miltomiges cinnamomea</i> (Herrich-Schäffer, 1869) | X | X |
| <i>Mnasitheus ritans</i> (Schaus, 1902) | | X |
| • <i>Monca branca</i> Evans, 1955 | | X |
| <i>Nastra lurida</i> (Herrich-Schäffer, 1869) | | X |
| * <i>Nyctelius nyctelius nyctelius</i> (Latreille, [1824]) | X | |
| * <i>Panoquina ocola ocola</i> (W. H. Edwards, 1863) | X | |
| <i>Polites vibex catilina</i> (Plötz, 1886) | X | |
| <i>Psoralis stacara</i> (Schaus, 1902) | | X |
| <i>Remella remus</i> (Fabricius, 1798) | | X |
| <i>Sodalia coler</i> (Schaus, 1902) | | X |
| <i>Sucova sucova</i> (Schaus, 1902) | | X |
| * <i>Thargella caura occulta</i> (Schaus, 1902) | X | |
| <i>Thespheus jora</i> Evans, 1955 | | X |
| <i>Vehilius clavícula</i> (Plötz, 1884) | | X |
| <i>Vehilius stictomenes stictomenes</i> (Butler, 1877) | | X |
| • <i>Vettius artona</i> (Hewitson, 1868) | | X |
| # <i>Vettius lucretius</i> (Latreille, [1824]) | X | |
| * <i>Wallengrenia premnas</i> (Wallengren, 1860) | X | |

| Familias/Subfamilias/Tribos/Espécies | MR | MA |
|--|----|----|
| <i>Zariaspes mys</i> (Hübner, [1808]) | | X |
| Heteropterinae (S = 1) | | |
| <i>Dardarina aspila</i> Mielke, 1966 | | X |
| Pyrginae (S = 27) | | |
| Eudamini (S = 10) | | |
| • <i>Astraptes creteus siges</i> (Mabille, 1903) | | X |
| <i>Astraptes fulgurator</i> (Walch, 1775) | | X |
| <i>Celaenorrhinus eligius punctiger</i> (Burmeister, 1878) | | X |
| * <i>Epargyreus clavicornis</i> (Herrich-Schäffer, 1869) | X | |
| * <i>Epargyreus exadeus exadeus</i> (Cramer, 1779) | X | |
| • <i>Epargyreus socus pseudexadeus</i> Westwood, 1852 | | X |
| * <i>Phocides pialia pialia</i> (Hewitson, 1857) | X | X |
| <i>Urbanus esta</i> Evans, 1952 | | X |
| <i>Urbanus simplicius</i> (Stoll, 1790) | X | X |
| <i>Urbanus teleus</i> (Hübner, 1821) | X | X |
| Pyrgini (S = 17) | | |
| * <i>Achlyodes busirus rioja</i> Evans, 1953 | X | X |
| <i>Achlyodes mithridates thraso</i> (Hübner, [1807]) | X | X |
| <i>Anisochoria sublimbata</i> Mabille, 1883 | | X |
| • <i>Camptopleura auxo</i> (Möschler, 1879) | | X |
| <i>Carrhenes canescens pallida</i> Röber, 1925 | | X |
| * <i>Gorgythion begga begga</i> (Prittwitz, 1868) | X | X |
| *• <i>Gorgythion beggina escalophoides</i> Evans, 1953 | X | X |
| * <i>Helias phalaenoides palpalis</i> (Latreille, [1824]) | X | |
| <i>Heliopetes alana</i> (Reakirt, 1868) | | X |
| <i>Heliopetes purgia</i> Schaus, 1902 | | X |
| * <i>Milanion leucaspis</i> (Mabille, 1878) | X | X |
| <i>Pyrgus orcus</i> (Stoll, 1780) | X | |
| <i>Pythonides lancea</i> (Hewitson, 1868) | | X |
| <i>Quadrus cerialis</i> (Stoll, 1782) | | X |
| • <i>Sostrata bifasciata</i> (Ménétriés, 1829) | | X |
| * <i>Trina geometrina geometrina</i> (C. Felder & R. Felder, 1867) | X | |
| <i>Xenophanes tryxus</i> (Stoll, 1780) | X | X |
| Pyrrhopyginae (S = 3) | | |
| Pyrrhopygini (S = 3) | | |
| <i>Elbella adonis</i> (Bell, 1931) | | X |
| * <i>Mysoria barcastus barta</i> Evans, 1951 | X | |
| <i>Sarbia damippe</i> Mabille & Boulet, 1908 | | X |
| LYCAENIDAE (S = 18) | | |
| Polyommatae (S = 1) | | |
| * <i>Leptotes cassius</i> (Cramer, 1775) | X | |
| Theclinae (S = 17) | | |
| Eumaeini (S = 17) | | |

| Famílias/Subfamílias/Tribos/Espécies | MR | MA |
|---|----|----|
| <i>Arawacus meliboeus</i> (Fabricius, 1793) | | X |
| <i>Arawacus separata</i> (Lathy, 1926) | | X |
| <i>Arawacus tadita</i> (Hewitson, 1877) | | X |
| • <i>Aubergina vanessoides</i> (Prittwitz, 1865) | | X |
| * <i>Badecla badaca</i> (Hewitson, 1868) | X | |
| * <i>Calycopis caulonia</i> (Hewitson, 1877) | X | X |
| <i>Contrafacia imma</i> (Prittwitz, 1865) | | X |
| <i>Cyanophrys remus</i> (Hewitson, 1868) | | X |
| <i>Dicya eumorpha</i> (Hayward, 1949) | | X |
| <i>Erora gabina</i> (Godman & Salvin, 1887) | | X |
| <i>Laothus phydela</i> (Hewitson, 1867) | | X |
| # <i>Nesiostrymon endela</i> (Hewitson, 1874) | | X |
| # <i>Nicolaea xorema</i> (Schaus, 1902) | X | |
| * <i>Pseudolycaena marsyas</i> (Linnaeus, 1758) | X | |
| * <i>Rekoa palegon</i> (Cramer, 1780) | X | |
| * <i>Strymon lucena</i> (Hewitson, 1868) | X | |
| <i>Theritas triquetra</i> (Hewitson, 1865) | | X |
| NYMPHALIDAE (S = 70) | | |
| Apaturinae (S = 2) | | |
| * <i>Doxocopa kallina</i> (Staundiger, 1886) | X | X |
| <i>Doxocopa laurentia</i> (Godart, [1824]) | X | X |
| Biblidinae (S = 7) | | |
| Ageroniini (S = 2) | | |
| <i>Hamadryas epinome</i> (C. Felder & R. Felder, 1867) | | X |
| * <i>Hamadryas februa februa</i> (Hübner, [1823]) | X | |
| Epicaliini (S = 2) | | |
| <i>Eunica eburnea</i> Fruhstorfer, 1907 | X | |
| <i>Catonephele sabrina</i> (Hewitson, 1852) | | X |
| Epiphilini (S = 2) | | |
| <i>Epiphile hubneri</i> Hewitson, 1861 | | X |
| <i>Epiphile orea orea</i> (Hübner, [1823]) | | X |
| Eubagini (S = 1) | | |
| * <i>Dynamine myrrhina</i> (Doubleday, 1849) | X | X |
| Charaxinae (S = 2) | | |
| Anaeni (S = 1) | | |
| <i>Zaretis isidora</i> (Crammer, 1779) | | X |
| Preponini (S = 1) | | |
| * <i>Archaeoprepona amphimachus pseudomeander</i> (Fruhstorfer, 1906) | X | |
| Cyrestinae (S = 1) | | |
| Cyrestini (S = 1) | | |
| * <i>Marpesia petreus</i> (Cramer, 1776) | X | |
| Danainae (S = 10) | | |
| Danaini (S = 2) | | |

| Famílias/Subfamílias/Tribos/Espécies | MR | MA |
|---|----|----|
| <i>Danaus erippus</i> (Cramer, 1775) | X | |
| <i>Danaus gilippus gilippus</i> (Cramer, 1775) | X | |
| Ithomiini (S = 8) | | |
| <i>Dircenna dero</i> (Hübner, 1823) | | X |
| <i>Episcada carcinia</i> Schaus, 1902 | | X |
| <i>Episcada philoclea</i> (Hewitson, [1855]) | | X |
| <i>Epityches eupompe</i> (Geyer, 1832) | | X |
| * <i>Mechanitis lysimnia lysimnia</i> (Fabricius, 1793) | X | X |
| <i>Methona themisto</i> (Hübner, 1818) | X | |
| <i>Pseudoscada erruca</i> (Hewitson, 1855) | X | X |
| <i>Pteronymia sylvo</i> (Geyer, 1832) | | X |
| Heliconiinae (S = 17) | | |
| Acraeini (S = 9) | | |
| <i>Actinote carycina</i> Jordan, 1913 | | X |
| <i>Actinote discrepans</i> d'Almeida, 1958 | | X |
| <i>Actinote mamita</i> (Burmeister, 1861) | | X |
| <i>Actinote melanisans</i> Oberthür, 1917 | X | X |
| <i>Actinote parapheles</i> Jordan, 1913 | | X |
| <i>Actinote pellenea</i> Hübner, [1821] | | X |
| * <i>Actinote pyrrha</i> (Fabricius, 1775) | X | X |
| • <i>Actinote rhodope</i> d'Almeida, 1923 | | X |
| <i>Actinote surima</i> (Schaus, 1902) | | X |
| Heliconiini (S = 8) | | |
| * <i>Agraulis vanillae maculosa</i> (Stichel, [1908]) | X | |
| <i>Dione juno juno</i> (Cramer, 1779) | | X |
| <i>Dryadula phaetusa</i> (Linnaeus, 1758) | X | |
| <i>Dryas iulia alcionea</i> (Cramer, 1779) | X | X |
| <i>Heliconius besckei</i> Ménétrés, 1857 | | X |
| <i>Heliconius erato phyllis</i> (Fabricius, 1775) | X | X |
| * <i>Heliconius ethilla narcaea</i> Godart, 1819 | X | X |
| <i>Philaethria wernickei</i> (Röber, 1906) | | X |
| Libytheinae (S = 1) | | |
| * <i>Libytheana carinenta</i> (Cramer, 1777) | X | |
| Limenitidinae (S = 6) | | |
| Limenitidini (S = 6) | | |
| • <i>Adelpha falcipennis</i> Fruhstorfer, 1915 | | X |
| <i>Adelpha hyas</i> (Doyère, [1840]) | | X |
| * <i>Adelpha mythra</i> (Godart, [1824]) | X | X |
| <i>Adelpha syma</i> (Godart, [1824]) | | X |
| * <i>Adelpha thessalia indefecta</i> Fruhstorfer, 1913 | X | |
| <i>Adelpha zea</i> (Hewitson, 1850) | | X |
| Nymphalinae (S = 10) | | |
| Junoniini (S = 1) | | |

| Famílias/Subfamílias/Tribos/Espécies | MR | MA |
|---|----|----|
| <i>Junonia evarete</i> (Cramer, 1779) | X | |
| Melitaeini (S = 5) | | |
| <i>Eresia lansdorfi</i> (Godart, 1819) | | X |
| <i>Ortilia ithra</i> (W. F. Kirby, 1900) | X | X |
| * <i>Ortilia orthia</i> (Hewitson, 1864) | X | X |
| <i>Tegosa claudina</i> (Eschscholtz, 1821) | X | X |
| <i>Telenassa teletusa</i> (Godart, [1824]) | | X |
| Nymphalini (S = 2) | | |
| * <i>Hypanartia bella</i> (Fabricius, 1793) | X | X |
| <i>Vanessa braziliensis</i> (Moore, 1883) | X | X |
| Victorinini (S = 2) | | |
| <i>Anartia amathea roeselia</i> (Eschscholtz, 1821) | X | X |
| <i>Siproeta epaphus trayja</i> Hübner, [1823] | | X |
| Satyrinae (S = 14) | | |
| Morphini (S = 2) | | |
| <i>Morpho epistrophus catenaria</i> (Perry, 1811) | | X |
| <i>Morpho portis thamyris</i> C. Felder & R. Felder, 1867 | | X |
| Satyrini (S = 12) | | |
| <i>Euptychoides castrensis</i> (Schaus, 1902) | | X |
| <i>Forsterinaria necys</i> (Godart, [1824]) | | X |
| <i>Forsterinaria quantius</i> (Godart, [1824]) | | X |
| <i>Guaianaza pronophila</i> (Butler, 1867) | | X |
| <i>Hermeuptychia</i> sp.1 | X | |
| <i>Hermeuptychia</i> sp.2 | | X |
| <i>Moneuptychia griseldis</i> (Weymer, 1911) | | X |
| <i>Moneuptychia paeon</i> (Godart, [1824]) | | X |
| <i>Pampasatyrus periphys</i> (Godart, [1824]) | X | |
| <i>Paryphthimoides phronius</i> (Godart, [1824]) | | X |
| <i>Paryphthimoides poltys</i> (Prittwitz, 1865) | X | |
| <i>Yphthimoides celmis</i> (Godart, [1824]) | X | |
| PAPILIONIDAE (S = 9) | | |
| Papilioninae (S = 9) | | |
| Leptocircini (S = 2) | | |
| * <i>Mimoides lysithous eupatorion</i> (Lucas, [1859]) | X | X |
| * <i>Mimoides lysithous rurik</i> (Eschscholtz, 1821) | X | X |
| Papilionini (S = 3) | | |
| <i>Heraclides anchisiades capys</i> (Hübner, [1809]) | X | |
| * <i>Heraclides astyalus astyalus</i> (Godart, 1819) | X | X |
| * <i>Heraclides hectorides</i> (Esper, 1794) | X | X |
| Troidini (S = 4) | | |
| <i>Battus polydamas polydamas</i> (Linnaeus, 1758) | X | |
| * <i>Parides agavus</i> (Drury, 1782) | X | |
| * <i>Parides anchises nephalion</i> (Godart, 1819) | X | X |

| Famílias/Subfamílias/Tribos/Espécies | MR | MA |
|---|----|-----|
| * <i>Parides bunichus perrhebus</i> (Boisduval, 1836) | X | X |
| PIERIDAE (S = 16) | | |
| Coliadinae (S = 8) | | |
| * <i>Eurema albula sinoe</i> (Godart, 1819) | X | |
| * <i>Eurema deva deva</i> (Doubleday, 1847) | X | |
| <i>Eurema elathea flavescens</i> (Chavannes, 1850) | X | |
| * <i>Phoebis argante argante</i> (Fabricius, 1775) | X | |
| <i>Phoebis neocypris neocypris</i> (Hübner, [1823]) | X | X |
| <i>Phoebis sennae marcelina</i> (Cramer, 1777) | X | |
| * <i>Pyrisitia leuce leuce</i> (Boisduval, 1836) | X | |
| * <i>Pyrisitia nise tenella</i> (Boisduval, 1836) | X | X |
| Dismorphiinae (S = 7) | | |
| <i>Dismorphia astyocha</i> Hübner, [1831] | X | |
| <i>Dismorphia melia</i> (Godart, [1824]) | | X |
| <i>Dismorphia thermesia</i> (Godart, 1819) | | X |
| <i>Enantia lina psamathe</i> (Fabricius, 1793) | X | X |
| <i>Enantia melite melite</i> (Linnaeus, 1763) | | X |
| <i>Hesperocharis paranensis</i> Schaus, 1898 | | X |
| <i>Pseudopieris nehemia</i> (Boisduval, 1836) | | X |
| Pierinae (S = 1) | | |
| Pierini (S = 1) | | |
| * <i>Theochila maenacte itatiayae</i> (Foetterle, 1902) | X | X |
| RIODINIDAE (S = 9) | | |
| Euselasiinae (S = 1) | | |
| Euselasiini (S = 1) | | |
| <i>Euselasia hygenius occulta</i> Stichel, 1919 | X | |
| Riodininae (S = 8) | | |
| Nymphidiini (S = 4) | | |
| * <i>Aricoris gauchoana</i> (Stichel, 1910) | X | |
| <i>Aricoris signata</i> (Stichel, 1910) | X | |
| <i>Harveyope sejuncta</i> (Stichel, 1910) | | X |
| • <i>Harveyope zerna</i> (Hewitson, 1872) | | X |
| Incertae sedis (S = 1) | | |
| <i>Emesis lupina melancholica</i> Stichel, 1916 | | X |
| Riodinini (S = 2) | | |
| <i>Charis cadytis</i> Hewitson, 1866 | | X |
| * <i>Riodina lysippoides</i> Berg, 1882 | X | |
| Symmachiini (S = 1) | | |
| <i>Stichelia bocchoris</i> (Hewitson, 1876) | | X |
| Total (S) | 92 | 134 |

Tabela II. Riqueza de espécies (%) por famílias de borboletas em diferentes regiões geográficas e formações vegetais. Estudos de M&R: Marchiori e Romanowski (2006), MR: Mata de Restinga no presente estudo, I et al.: Iserhard et al. (2010), R et al.: Ritter et al. (2011), MA: Mata de Araucária no presente estudo, F et al.: Francini et al. (2011), M et al.: Morais et al. (2007). *Riodinidae incluído dentro de Lycaenidae.

| Famílias | Estado do Rio Grande do Sul | | | | | Brasil | Sul da América do Sul |
|--------------|-----------------------------|------|-------------------|----------|------|--------------------|-----------------------|
| | Mata de Restinga | | Mata de Araucária | | | Diversos ambientes | |
| | M&R | MR | I et al. | R et al. | MA | F et al. | M et al. |
| Nymphalidae | 56.1 | 35.9 | 39 | 49.6 | 40.3 | 24.1 | 28.1 |
| Hesperiidae | 24.4 | 30.4 | 29.5 | 16 | 35.8 | 35.6 | 41.3 |
| Pieridae | 9.7 | 12 | 9.4 | 8.8 | 6.7 | 2 | 5.2 |
| Papilionidae | 4.9 | 9.8 | 5.1 | 7.2 | 4.5 | 2.1 | 3.4 |
| Lycaenidae | 0 | 7.6 | 11.2 | 8.8 | 9 | 12.9 | 22* |
| Riodinidae | 4.9 | 4.3 | 5.8 | 9.6 | 3.7 | 23.3 | - |

6.2. Artigo 2

Manuscrito a ser submetido para Acta Oecologica

Sazonalidade de borboletas em Matas de Restinga e Matas de Araucária no extremo sul do Brasil.

Maria Ostilia Marchiori^a

^aLaboratório de Ecologia de Insetos, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre, 91501-970, RS, Brasil. E-mail: mariosti2@hotmail.com

Helena Piccoli Romanowski^a

^aLaboratório de Ecologia de Insetos, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre, 91501-970, RS, Brasil. E-mail: hpromano@ufrgs.br

Milton de Souza Mendonça Jr^b

^bDepartamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre, 91501-970, RS, Brasil.

E-mail: milton.mendonca@ufrgs.br

Autor para correspondência: Maria Ostilia Marchiori¹

E-mail: mariosti2@hotmail.com

Tel.: + 55 51 3308 7702; Fax: + 55 51 3308 9676

¹ Endereço permanente: Rua Veador Porto nº 222 ap. 803, Porto Alegre, 90610-200, RS, Brasil. Tel.: + 55 51 3219 8015

Resumo.

O presente trabalho teve como objetivo verificar como a sazonalidade afeta diferentes parâmetros da diversidade em assembleias de borboletas em dois ambientes contrastantes no sul do Brasil: Mata de Restinga e Mata de Araucária, e quais variáveis climáticas estão associadas a estas variações. Para análise dos dados utilizou-se rarefação baseada em indivíduo, índices de diversidade e curvas de distribuição de abundância. A variação temporal na composição de espécies entre os locais foi analisada através de uma NPMANOVA. A relação entre os fatores climáticos e a diversidade de borboletas foi avaliada através de regressão múltipla *stepwise*. A sazonalidade afetou a diversidade e a composição de borboletas entre as formações vegetais. Na Mata de Restinga (região de planície), a riqueza foi maior na primavera e a abundância no outono. Na Mata de Araucária (região de altitude) o outono foi a estação mais favorável. O inverno apresentou valores significativamente inferiores para todos os parâmetros em ambos locais. As espécies raras prevaleceram e 20% do total de espécies foram sazonais. Nymphalidae e Hesperiidae determinam o padrão geral de diversidade das assembleias ao longo do tempo. A temperatura foi a variável que melhor explicou a diversidade em ambos locais de estudo. Variações sazonais em insetos podem ser verificadas mesmo em pequenas escalas de latitude e altitude. Espera-se que a presente abordagem sirva como um ponto de partida para estudos sobre a sazonalidade de borboletas em regiões subtropicais em uma escala espacial e temporal mais ampla.

Palavras-chave: Floresta Ombrófila Mista, Lepidoptera, Rio Grande do Sul, subtropical.

Abreviaturas²

² FLONA-SFP = Floresta Nacional de São Francisco de Paula, MA = Mata de Araucária, MR = Mata de Restinga, PEI = Parque Estadual de Itapuã.

1. Introdução

A sazonalidade é um aspecto marcante na biologia dos insetos e um fenômeno relativamente bem estudado (Ribeiro e Freitas 2011; Wolda, 1988). De acordo com Wolda (1988), pode-se considerar sazonal um fenômeno que ocorre de forma previsível aproximadamente na mesma época do ano, a cada ano que ocorre. Nas regiões temperadas, insetos herbívoros apresentam uma variação temporal marcada em relação à abundância e ao período de atividade, e em geral, o padrão de sazonalidade é representado por espécies univoltinas sem sobreposição de gerações. Nos trópicos esta variação também ocorre, mas os insetos tendem a ser ativos por períodos mais longos. Os adultos, em geral, estão presentes ao longo do tempo, mostrando sobreposição de gerações e multivoltinismo em muitas espécies, com picos de sazonalidade menos evidentes quando comparados aos das regiões temperadas (Wolda, 1988). Em regiões subtropicais, a sazonalidade de insetos está, muitas vezes, associada à alternância entre períodos de seca e umidade (Brown, 1992; Fleming et al., 2005; Sims, 2007).

A variação temporal em assembleias de borboletas também tem sido investigada. Em estudo realizado em uma Floresta Estacional Semidecidual no sudeste do Brasil, com mais de 1.000 horas de observações, Brown (1992) aponta para um padrão sazonal, com as famílias de borboletas apresentando picos de abundância em diferentes estações do ano. DeVries e Walla (2001), analisando a diversidade de borboletas frugívoras ao longo de cinco anos, em áreas de floresta tropical no Equador, encontraram diferenças marcantes na variação mensal e anual da riqueza e abundância destes animais. Shapiro et al. (2003), avaliando o padrão de distribuição temporal de borboletas durante quatro anos em duas regiões da Califórnia, EUA, concluíram que o voo sazonal das borboletas é um fenômeno que não ocorre ao acaso, havendo uma grande variação anual na diversidade destes insetos. No sul do Brasil, Iserhard (2009) avaliou, ao longo de dois anos, a sazonalidade da

assembleia de borboletas em regiões de Floresta Ombrófila Densa e Mista, constatando maior riqueza e abundância destes insetos no verão e outono na primeira região, e no verão na segunda. Entretanto, estudos desta natureza ainda são escassos no sul do Brasil, havendo uma lacuna em dados publicados.

Diversos fatores podem influenciar a sazonalidade de borboletas e os mais relevantes são relativos a mudanças no macro e no microclima (temperatura, umidade, precipitação) (Danks, 2006; Gutiérrez e Menendez, 1998; Tanaka, 2000). O efeito do clima sobre os insetos difere entre as espécies, dependendo de sua biologia, ambiente em que vivem e distribuição geográfica, mas mesmo em localidades com pouca variação climática ao longo das estações do ano, flutuações sazonais em artrópodos já foram relatadas (Richards e Windsor, 2007). Apesar disto, no sul da América do Sul, estudos sobre padrões temporais em comunidades de insetos têm recebido menos atenção do que padrões espaciais.

O Rio Grande do Sul está localizado em uma região subtropical, em uma área de transição, onde convergem elementos oriundos do Brasil tropical e das regiões temperadas da América do Sul. Existem quatro estações distintas, com a ausência do período seco característico do clima tropical, além de uma grande variação na amplitude térmica (Iganci et al., 2011; Peel et al., 2007).

Na Planície Costeira do Estado, encontram-se as Matas de Restinga que se desenvolvem, principalmente, sobre terrenos arenosos próximos a lagoas, formando capões com dossel de seis a 15 m de altura. Em muitas espécies vegetais evidencia-se uma tendência xeromórfica, através da presença de folhas coriáceas e pequenas (Brack et al., 1998) e de galhos contorcidos e com espinhos (Waechter e Jarenkow, 1998). Os principais fatores ambientais que influenciam a composição desta vegetação são a escassez de nutrientes e água, excesso de calor e luminosidade e a constância do vento (Moreno, 1961).

No Planalto Meridional ocorre a Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucária), assim denominada por representar a associação entre duas floras distintas: a tropical e a temperada. Esta mistura ocorre no planalto em razão da topografia e do decorrente clima pluvial e sem estação seca (Leite, 2002), que associado à latitude e à altitude, cria uma situação única na região Neotropical (Guerra et al., 2002). A Mata de Araucária é uma das formações florestais mais importantes do sul do Brasil.

Em estudo anterior, Marchiori et al. (artigo 1 desta tese) evidenciaram diferenças de diversidade marcantes nas assembleias de borboletas em Matas de Restinga e de Araucária. Tais diferenças podem ser atribuídas à vegetação e/ou aos regimes climáticos e sazonais diferenciados destas formações vegetais. As assembleias de borboletas podem, portanto, também apresentar variações sazonais em sua riqueza e composição. O frio marcante do inverno, nas regiões de Mata de Araucária, pode ser um fator limitante para os adultos de borboletas, por outro lado, o calor excessivo nas Matas de Restinga pode impor restrições fisiológicas para a atividade de diversas espécies destes insetos.

Os objetivos do presente trabalho foram (i) avaliar como a sazonalidades afeta os padrões de riqueza, diversidade e composição das assembleias de borboletas em dois ambientes contrastantes de uma região subtropical no sul do Brasil, e (ii) identificar as variáveis climáticas que possam estar moldando estes padrões.

2. Material e Métodos

2.1. Áreas de estudo

O estudo foi desenvolvido em duas formações vegetais com condições ambientais contrastantes: Mata de Restinga (MR) e Mata de Araucária (MA), no Rio Grande do Sul. Os dois locais distam cerca de 120 km quilômetros um do outro e sua diferença tanto em latitude quanto em longitude é de aproximadamente um grau, apresentando virtualmente o

mesmo fotoperíodo. Em virtude da topografia, diferenças marcantes de temperatura e precipitação ocorrem entre as duas formações vegetais.

As áreas de MR se localizam na planície costeira do RS, a 5 m de altitude, no Parque Estadual de Itapuã (PEI) (30^o22'S 51^o02'W), município de Viamão. No parque, as Matas de Restinga formam capões arbóreo-arbustivos compostos por uma vegetação xerofítica densa e espinhosa, que cresce sobre solo arenoso e é entremeada por ambientes abertos e propícios à dessecação (Brack et al., 1998). O clima da região é mesotérmico, sem estação seca e com verões quentes. A temperatura varia nos meses mais frios de 7°C a 18°C e nos meses mais quentes de 22°C a 34°C, sendo a temperatura média anual de 17,5°C. No verão, as máximas absolutas podem atingir 40°C (Nimmer, 1990). A pluviosidade média anual da região é de 1.300 mm e o vento predominante é o nordeste.

As áreas de MA localizam-se na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA-SFP) (29°24' S 50°22' W), a 912 m de altitude, no município de São Francisco de Paula. São formadas por uma vegetação ombrófila e densa que permanece sombreada durante boa parte do dia. O clima na região é mesotérmico, sem estação seca, mas com verões brandos e invernos frios. A temperatura varia nos meses mais frios de -3°C a 18°C e nos meses mais quentes de 18,3°C a 27°C, sendo a temperatura média anual de 14,5°C. Julho é o mês mais frio do ano com 5,7°C como média das mínimas. Valores próximos a 0°C também podem ocorrer nos meses de primavera e outono. Registra-se, eventualmente, a ocorrência de neve durante o inverno. Toda a região está sujeita a frequentes e intensos nevoeiros e apresenta altos níveis de pluviosidade em todos os meses do ano, sendo a média anual de 2.252 mm (Backes, 2009). Os ventos predominantes são E/SE/NE.

2.2. Amostragem

Em cada formação vegetal foram delimitadas duas áreas de estudo com 2.500 m² cada, no interior da mata em clareiras pré-existentes. As amostragens foram realizadas de julho de 2007 a maio de 2009, através de duas saídas a campo por estação do ano para cada área, totalizando 32 ocasiões amostrais em cada localidade.

As borboletas foram registradas através do método de observação de varredura, modificado a partir de Marchiori e Romanowski (2006). Este consiste em uma vistoria abrangente na área de amostragem a fim de registrar as espécies presentes e quantificar sua abundância. As amostragens foram realizadas das 8:00 às 17:45 h (horário solar) e eram compostas por dez períodos sucessivos de 60 min, divididos em 45 min para o registro da fauna e 15 min de pausa, totalizando 7h30min de observações por dia.

O registro das borboletas em cada área de estudo foi efetuado preferencialmente de forma visual. Quando necessário, para a identificação, o indivíduo era capturado com auxílio de rede entomológica, e depois, solto. Os espécimes foram identificados preferencialmente *in situ*, mas quando isto não era possível, estes foram coletados e conduzidos ao laboratório para posterior montagem e determinação. Espécimes testemunho estão depositados na Coleção de Lepidoptera do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil.

A classificação sistemática adotada seguiu Lamas (2004) e Mielke (2005). Para a família Nymphalidae seguiu-se Wahlberg et al. (2009).

2.3. *Dados Climáticos*

Os dados climáticos registrados durante o período de estudo foram obtidos junto à Seção de Observação e Meteorologia Aplicada (SEOMA) do Oitavo Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

2.4. Análise dos Dados

Foram avaliadas a riqueza (S) e a abundância (N) das assembleias de borboletas presentes sazonalmente na MR e na MA. Foi realizada uma análise de rarefação baseada em indivíduo a fim de verificar a existência de diferenças na riqueza das espécies entre as estações em cada local de estudo.

Visando abordar diferentes aspectos da diversidade foram calculados os índices de Margalef (Dmg), Shannon-Wiener (H'), Simpson ($1/D$) e Berger-Parker (d) (Magurran e McGill, 2011) para cada estação e local de estudo, assim como o intervalo de confiança (95%) de cada índice, através do método de Bootstrap.

Com o intuito de contrastar a estrutura das assembleias entre as estações do ano a distribuição de abundância foi avaliada e as espécies foram classificadas em dominantes ($fr > 0,1$), intermediárias ($0,1 > fr > 0,01$) e raras ($fr < 0,01$ e/ou singletons).

Para avaliar o efeito das 'estações' e 'localidades', e a interação entre estes fatores na composição da assembleia de borboletas, foi realizada uma NPMANOVA (MANOVA Não Paramétrica) a dois critérios de classificação (Anderson, 2001), com teste de permutação. Para tanto foi elaborada uma matriz de dados com as abundâncias das espécies de borboletas presentes ao longo das amostragens sazonais em ambos locais de estudo. Os locais foram tomados como blocos e as estações como grupos. Foi utilizado o índice de Morisita como medida de similaridade, e a soma dos quadrados entre grupos (Qb statistics) como critério do teste.

A fim de ilustrar os padrões de sazonalidade nas assembleias de borboletas em cada local de estudo, separadamente, foi utilizada uma matriz de abundância para cada localidade. Sobre cada uma destas matrizes foi aplicada uma análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS), utilizando-se o índice de Morisita. Para avaliar estatisticamente a diferença entre as assembleias em cada estação, foi aplicada uma

NPMANOVA com 9.999 permutações, obtendo-se como teste *a posteriori* uma comparação das estações duas a duas, para cada local de estudo. Todas as análises supracitadas foram realizadas com auxílio do programa PAST, versão 2.12 (Hammer et al., 2001).

Para exame das espécies que ocorreram em apenas uma estação, os singletons foram excluídos das análises dado que, por definição, estes não podem ser registrados em mais do que uma ocasião amostral (Magurran e McGill, 2011).

Para verificar a relação entre os fatores climáticos e a diversidade das assembleias de borboletas presente em cada local de estudo, foi realizada a análise de regressão múltipla *stepwise*. Para tanto, foram utilizadas a riqueza e a abundância das borboletas por ocasião amostral e como parâmetros climáticos, as médias das temperaturas mínimas, máximas e médias, e médias da umidade relativa do ar. Foram elaboradas duas matrizes de dados: uma com a riqueza e os parâmetros climáticos e outra com a abundância e os parâmetros climáticos, por local de estudo. Os dados foram logaritimizados antes das análises para atingir normalidade, e estas foram realizadas com auxílio do programa SPSS 10.0 (Norusis, 2000).

3. Resultados

Após 240 horas de amostragem (para cada local) foram registrados 1.050 indivíduos de borboletas distribuídos em 92 espécies, 21 subfamílias e seis famílias na MR e 2.297 indivíduos distribuídos em 134 espécies, 18 subfamílias e seis famílias na MA.

Comparando-se os valores de riqueza e abundância sazonalmente entre as formações vegetais, observa-se uma diferença entre as duas áreas de estudo (Tabela 1). Na MR, a riqueza e a abundância apresentaram valores baixos no inverno. Com a chegada da primavera estes valores aumentaram consideravelmente. No verão a riqueza e abundância

diminuem, sendo que no outono, esta última volta a subir. Na MA, este efeito parece ser mais gradativo e contínuo do que na MR. A riqueza e a abundância aumentaram na primavera, continuaram subindo no verão e atingiram seu pico no outono.

A análise de rarefação indicou que, na MR a primavera foi significativamente mais rica que as demais estações (Fig. 1). No verão e no outono a riqueza não diferiu significativamente entre si. Na MA, a riqueza de espécies diferiu significativamente entre todas as estações do ano. A menor riqueza de borboletas foi registrada no inverno e a maior no outono. O resultado do índice de Margalef (Tabela 1) corrobora o padrão observado pela análise de rarefação.

Os índices de diversidade (H' e $1/D$) indicaram o inverno, em ambos locais de estudo, como a estação menos diversa. Os maiores valores para estes parâmetros foram registrados na primavera na MR, e no outono, na MA. Os singletons representaram 20% da assembleia de borboletas na MR e 25%, na MA (Tabela 1).

A distribuição de abundância apresentou um padrão onde prevaleceram as espécies raras (MR = 77% e MA = 81%) (Fig. 2). Em todas as estações, estas representaram mais do que 45% da fauna presente no local, sendo esta tendência mais acentuada no outono na MA (73%). Em nenhuma estação foram registradas mais do que três espécies dominantes. Entre os locais de estudo, a dominância foi significativamente maior na MR do que na MA (Tabela 1, Fig. 2), e sazonalmente foi maior no inverno do que nas demais estações, em ambos locais de estudo. Na MR, a espécie que apresentou o maior número de indivíduos foi *Eunica eburnea* Fruhstorfer, 1907 (N = 147) e na MA foi *Morpho epistrophus catenaria* (Perry, 1811) (N = 235). Sazonalmente, na MR, em todas as estações, a espécie mais abundante foi *E. eburnea*. Na MA, foram *Emesis lupina melancholica* Stichel, 1916 no inverno, *Phoebis neocypris neocypris* (Hübner, [1823]) na primavera e *M. epistrophus catenaria* no verão e no outono.

Quanto à abundância por famílias de borboletas, Nymphalidae representou 61% do número total de indivíduos registrados na MR e 56% na MA, seguida por Hesperiiidae (MR = 21%; MA = 13%) (Tabela 2). Sazonalmente Nymphalidae apresentou um gradiente crescente de abundância do inverno em direção ao outono em ambas as localidades, enquanto que, Hesperiiidae apresentou um pico de abundância na primavera na MR, e no outono na MA. Não foram registrados Papilionidae no inverno, e no outono, houve uma diminuição no número de indivíduos desta família, tanto na MR como na MA. Riodinidae, Pieridae e Lycaenidae foram mais abundantes no outono na MR, enquanto que na MA, as duas últimas famílias foram mais abundantes no verão.

A NPMANOVA que abordou a composição das espécies, corroborou as diferenças já observadas entre as formações vegetais (Marchiori et al., artigo 1 desta tese) e evidenciou diferenças significativas para estação e para a interação destas com os locais de estudo (Tabela 3), indicando que os padrões sazonais são eventos dependentes dos sítios.

As representações gráficas obtidas através do NMDS evidenciaram as diferenças nos padrões sazonais registrados para cada formação vegetal. Na MR (Fig. 3a), o inverno e a primavera diferiram significativamente de todas as outras estações, mas o verão e o outono não diferiram significativamente entre si (Tabela 4). Na MA (Fig. 3b), o inverno foi a única estação que diferiu significativamente de todas as outras (Tabela 4).

Dezenove espécies ocorreram ao longo de todas as estações do ano, pelo menos em uma das localidades de estudo, representando cerca 10% da riqueza de espécies e 40% do total de indivíduos amostrados (Tabela 5). Dentre as dezenove espécies, quatro ocorreram somente na MR e nove somente na MA. Seis ocorreram em ambas localidades, mas apenas *Heliconius erato phyllis* (Fabricius, 1775) e *P. neocypris neocypris* ocorreram em todas as estações nas duas localidades. Na MR, 83% das espécies que ocorreram em todas as

estações pertencem à família Nymphalidae. Na MA, Nymphalidae (55%) e Pieridae (26%) juntas, perfazem 81% da assembleia presente em todas as estações.

Do total de 49 espécies sazonais (amostradas em apenas uma estação do ano), 23 foram representadas por dobletons e apenas três apresentaram mais do que 10 indivíduos registrados (Tabela 6). Na MR, a primavera foi a estação que apresentou a maior riqueza de espécies sazonais ($S = 8$) e na MA foi o outono ($S = 18$). Proporcionalmente, Hesperiiidae (MR = 33% e MA = 54%) foi a família que apresentou o maior número de espécies com ocorrência restrita a uma estação, em cada local de estudo.

As médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar diferiram entre as regiões onde se localizam as áreas de estudo (Fig. 4). No período em que o presente trabalho foi desenvolvido, a média da temperatura máxima na região metropolitana de Porto Alegre esteve acima ou próxima dos 30°C nos meses de verão (dezembro a fevereiro) e início de outono (março), e acima dos 25°C na maioria do período de estudo. A média da temperatura mínima se manteve acima dos 15°C na maioria dos meses. A umidade relativa do ar ficou entre 70 e 80%. Na região de Cambará do Sul e São Francisco de Paula, a média da temperatura máxima, durante o mesmo período, não ultrapassou os 25°C e a média da mínima não ultrapassou os 15°C. A umidade relativa do ar se manteve entre 83 e 86%, ao longo de todo o período de estudo.

Na MR, a riqueza ($F_{1,14} = 9,106$; $P = 0,009$; $r^2 = 0,394$; $y = -17,921+1,548$) e a abundância ($F_{1,14} = 10,723$; $P = 0,006$; $r^2 = 0,434$; $y = -93,412+6,307$) responderam significativamente às médias de temperatura máxima. Este resultado foi semelhante na MA, tanto para a riqueza ($F_{1,15} = 14,098$; $P = 0,002$; $r^2 = 0,484$; $y = -102,121+6,449$) como para a abundância ($F_{1,15} = 19,224$; $P = 0,001$; $r^2 = 0,562$; $y = -730,037+42,075$).

4. Discussão

Foi verificada sazonalidade que afetou a riqueza, a abundância e a composição de espécies de borboletas em ambos locais de estudo. Diferenças significativas foram detectadas para as estações e para a interação destas com os locais de estudo, indicando que o padrão temporal de distribuição das assembleias de borboletas pode estar relacionado a estes fatores.

De acordo com Pozo et al. (2008) e Wolda (1988), em regiões temperadas os adultos de borboletas tendem a ser mais abundantes na primavera e/ou no verão. Diferentemente, no presente estudo, a estação mais favorável para os adultos de borboletas foi o outono, assinalando as peculiaridades das regiões subtropicais.

O emprego de índices de diversidade é comumente criticado na literatura ecológica (Melo, 2008), apesar de seu amplo uso e utilidade. De acordo com Tóthmérész (1995), uma solução para amenizar possíveis redundâncias é o uso não de um índice, mas de vários, na forma de perfis. Esta idéia é ampliada por Magurran e McGill (2011) quando dizem que a utilização de vários índices pode refletir diferentes elementos da diversidade das assembleias estudadas. Os diversos índices utilizados no presente trabalho formaram um perfil de diversidade e indicaram, em conjunto, um padrão sazonal consistente. Através deste perfil ficou claro que o inverno diferiu das demais estações em ambos locais de estudo, sendo a estação menos favorável para as assembleias de borboletas.

O inverno, mais uma vez se destacou, por apresentar os menores valores sazonais e a maior dominância. É comum que as curvas de distribuição de abundância para invertebrados sigam um formato hiperbólico côncavo, onde aparecem poucas espécies comuns e muitas espécies raras (McGill, 2010). Esta afirmativa é bem representada por estudos com a fauna de borboletas tropicais (Owen, 1971). Pozo et al. (2008), estudando a sazonalidade e a fenologia de borboletas ao longo de três anos, em três regiões tropicais no

México, obtiveram proporções significativas de espécies raras em cada região (37,1%, 42,7% e 51%) e concluíram que este grupo representou uma parte importante da diversidade estudada, além de ter sido um fator modulador de mudanças na fenologia. No presente trabalho, embora realizado em uma região subtropical, evidenciou-se resultado semelhante. As espécies raras ocorreram ao longo de todas as estações e foram relevantes para o padrão sazonal registrado em ambas formações vegetais. O mecanismo que leva a composição de espécies raras, entretanto, pode ser bastante complexo devido a variações no clima e na estrutura da vegetação, que podem variar de ano para ano (Brown, 1992), merecendo estudos mais aprofundados.

Nymphalidae e HesperIIDae são as famílias mais ricas e com maior abundância no Rio Grande do Sul (Morais et al., 2007), tendo sido relatadas também como tal no PEI (Marchiori e Romanowski, 2006) e na FLONA-SFP (Iserhard et al., 2010). No presente estudo mantiveram este status e suas variações temporais em abundância e riqueza determinaram as assembleias de borboletas como um todo, esta última sendo também bastante representativa na proporção de espécies exclusivamente sazonais. Papilionidae mostrou-se sensível a variações sazonais, com um padrão bastante marcado por oscilações na riqueza e abundância. Nenhuma espécie desta família foi registrada no inverno e poucas foram observadas no outono, em ambos locais de estudo. Lycaenidae e Riodinidae, por apresentarem no Estado uma riqueza de espécies proporcionalmente mais baixa, tiveram seu padrão de variação sazonal oculto pela tendência das famílias mais ricas.

A maioria das borboletas registradas em todas as estações são espécies comuns, de ampla distribuição (Iserhard et al., 2010; Morais et al., 2007, Nuñez-Bustos, 2010) e que merecem destaque por se manterem ao longo do tempo diante das mais diversas condições climáticas. Apesar disto, apenas duas ocorreram em todas as estações em ambas formações vegetais. Isto pode ser explicado devido às diferenças contrastantes entre os ambientes em

questão, havendo espécies mais características de áreas abertas na MR, e de áreas úmidas na MA. As espécies presentes em todas as estações provavelmente são multivoltinas, com sobreposição de gerações entre as estações e ao longo dos anos. A presença constante e abundante de Limenitidinae na MA pode estar associada a grande quantidade de amora-silvestre (*Rubus* sp., Rosaceae) existente nesta área e que se constitui em recurso alimentar para os estágios imaturos das espécies de *Adelpha*.

As borboletas com características sazonais constituíram um percentual elevado da fauna total em ambos locais de estudo e podem ter sido representadas por espécies univoltinas, com estágio adulto restrito a condições ótimas. A grande quantidade de Hesperiidae registrados exclusivamente na primavera na MR e no outono na MA, pode estar associada à floração de diversas plantas, já que esta família é indicadora de recursos florais no ambiente (Brown, 1992). De fato, na MR, *Wallengrenia premnas* (Wallengren, 1860) foi vista frequentando flores de tarumã (*Vitex megapotamica*, Verbenaceae). Na MA, durante o outono, registrou-se a floração de diversos arbustos, subarbustos e trepadeiras, tais como: *Eupatorium* sp. (Compositae), *Ocinum selloi* (Lamiaceae), *Verbena* sp. (Verbenaceae), *Baccharis anomala* (Asteraceae) e *Lonicera* sp (Caprifoliaceae), as duas últimas com flores intensamente perfumadas e muito atrativas para diversas espécies de borboletas.

É interessante notar que a composição de espécies sazonais pode variar ao longo do tempo. Em estudo realizado na FLONA-SFP, entre março de 2006 e março de 2008, Iserhard (2009) registrou 47 espécies marcadamente sazonais. Dentre as registradas na MA no presente estudo, somente três são compartilhadas com aquele estudo, sendo que *Arotis derasa brunea* (Mielke, 1972) e *Actinote parapeles* Jordan, 1913 foram as únicas borboletas registradas exclusivamente no verão e no outono, respectivamente, em ambos os trabalhos. Cabe ressaltar que Iserhard (2009) amostrou diversas trilhas, abrangendo com

isto diferentes estruturas de habitat, enquanto que no presente estudo as amostragens foram realizadas apenas em clareiras no interior da Mata de Araucária. Questões espaciais, portanto, podem ter influenciado nas diferenças sazonais observadas.

Entre os fatores ambientais analisados, a temperatura máxima foi a variável que melhor explicou a riqueza e a abundância de borboletas em ambos locais de estudo, mas principalmente a abundância na MA (56%). A temperatura é um parâmetro físico importante na biologia, fisiologia e distribuição dos insetos e tem sido relatada como um fator chave na sazonalidade de borboletas (Ribeiro et al., 2010).

A MA foi o ambiente com maior diversidade de borboletas, entretanto suas médias de temperatura foram menores ao longo de todo o período de estudo quando comparadas as da MR (Fig. 4). Este resultado, a primeira vista pode parecer conflitante, mas quando observado em um contexto mais amplo pode ajudar a elucidar as diferenças encontradas. A MA é um ambiente de altitude e, portanto, está sujeita a um inverno rigoroso, com temperaturas muito baixas. Quando a temperatura sobe, o ambiente responde com a brotação de plantas e o surgimento de fontes de alimento para adultos e juvenis de borboletas. As temperaturas se mantêm altas no verão, mas não a ponto de comprometer a fisiologia destes insetos, cuja abundância continua a aumentar até atingir seu pico no outono. Por outro lado, na MR, o verão diferiu significativamente da primavera e do inverno. Nos ambientes de planície, também existe um inverno rigoroso. Novamente, com a chegada da primavera há um aumento na temperatura e na riqueza e abundância de borboletas resultando, com isto, em uma relação positiva entre estes parâmetros. Entretanto, no verão, houve uma diminuição na diversidade destes insetos na MR. As Restingas são ambientes abertos, com solo arenoso e sujeitos ao excesso de calor e luminosidade (Moreno, 1961), potencializando com isto o risco à dessecação. Este é um problema importante a ser enfrentado pelos insetos, tanto do ponto de vista fisiológico e

comportamental (Owen, 1971) como evolutivo. Sugere-se, portanto, que os ambientes de restinga, em razão do conjunto de suas características, somadas as altas temperaturas de verão, possam ter restringido a presença de diversas espécies de borboletas, resultando, com isto, na menor diversidade encontrada.

5. Conclusões

Análises sobre diversidade e composição de espécies de borboletas podem auxiliar na compreensão sobre a dinâmica temporal das comunidades de insetos em dada região geográfica. Através do presente estudo registraram-se diferenças sazonais entre as assembleias de borboletas estudadas. A proporção de espécies raras foi elevada sazonalmente, sugerindo que estas tenham tido um papel importante da dinâmica temporal registrada em ambos locais de estudo. Por outro lado, a riqueza e abundância de *Nymphalidae* e *Hesperiidae*, famílias muito numerosas no Estado, influenciaram os padrões sazonais e moldaram a distribuição temporal das assembleias como um todo.

A temperatura foi preponderante para a riqueza e abundância de borboletas na MR e na MA, evidenciando a importância deste parâmetro na atividade destes insetos. As localidades de estudo distam apenas um grau de latitude, estando expostas ao mesmo fotoperíodo, mas as condições geográficas e altitudinais foram importantes para as variações observadas na fauna ao longo das estações. Na MR a primavera foi a estação com maior riqueza e o outono com maior abundância de borboletas, enquanto que na MA, o outono foi a estação mais favorável para a diversidade destes insetos. O inverno foi igualmente desfavorável para a lepidopterofauna em ambas formações vegetais.

Entender a variação na sazonalidade em pequena escala de diferença latitudinal, como a aqui apresentada, pode ser útil em face à carência de estudos sobre padrões de sazonalidade em assembleias de borboletas na região subtropical do Brasil. Espera-se que a

presente abordagem sirva como um ponto de partida para estudos em escala espacial e temporal mais amplas.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas do Laboratório de Ecologia de Insetos. À Edenice B.A. de Souza e Jairo Schwantz pelo apoio durante os trabalhos de campo. Aos doutores André V.L. Freitas, Curtis Callaghan, Olaf H.H. Mielke, Ronaldo B. Francini e à Alfred Moser, pelas identificações de diversas borboletas. À Guilherme Seger pela identificação das espécies vegetais. À SEOMA/8º DISME-INMET por ceder os dados climáticos. Ao CNPq pelo apoio financeiro (Processo 472175/2007-6) e bolsa concedida para M.O. Marchiori e H.P. Romanowski (Processos 141027/2007-0 e 308292/2007-3). As amostragens foram realizadas com a Autorização para Atividades Científicas nº 13624-1, fornecida pelo IBAMA e com o Registro nº 251 fornecido pela DUC/SEMA-RS. Contribuição nº ___ do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Referências

- Anderson, M.J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26, 32-46.
- Backes, A., 2009. Distribuição geográfica atual da Floresta com Araucária: condicionamento climático, in: Fonseca, C.R., Souza, A.F., Leal-Zanchet, A.M., Dutra, T., Backes A., Ganado G. (Eds.), Floresta com Araucária. Ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável. Holos, Ribeirão Preto, pp. 39-44.
- Brack, P., Rodrigues, R.S., Sobral, M., Leite, S.L.C., 1998. Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Ser. Bot.* 51, 139-166.

- Brown, K.S. Jr., 1992. Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal, in: Morellato, L.P.C. (Org.), História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil. UNICAMP/FAPESP, Campinas, pp. 142–186.
- Danks, H.V. 2006. Key themes in the study of seasonal adaptations in insects II. Life-cycle patterns. *Jpn. J. Appl. Entomol. Z.* 41, 1-13.
- DeVries, P.J., Walla, T.R., 2001. Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biol. J. Linn. Soc.* 74, 1-15.
- Fleming, T.H., Serrano, D., Nassar, J., 2005. Dynamics of a subtropical population of the zebra longwing butterfly *Heliconius charithonia* (Nymphalidae). *Florida Entomol.* 88, 169-179.
- Guerra, M.P., Silveira, V., Reis, M.S., Schneider, L., 2002. Exploração, manejo e conservação da araucária (*Araucaria angustifolia*), in: Simões, L.L., Lino, C.F. (Orgs.), Mata Atlântica sustentável. SENAC, São Paulo, pp. 85-101.
- Gutiérrez, D., Menéndez, R., 1998. Stability of butterfly assemblages in relation to the level of numerical resolution and altitude. *Biodivers. Conserv.* 7, 967–979.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. Paleontological statistics software for education and data analysis - PAST. <http://folk.uio.no/ohammer/past>. Acessado em maio 2011.
- Iganci, J.R.V., Heiden, G., Miotto, S.T.S., Pennington, R.T., 2011. Campos de Cima da Serra: the Brazilian subtropical highland grasslands show an unexpected level of plant endemism. *Bot. J. Linn. Soc.* 167, 378-393.
- Iserhard, C.A., 2009. Estrutura e composição da assembleia de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em diferentes formações da Floresta Atlântica do Rio

Grande do Sul, Brasil. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.

Iserhard, C.A., Quadros, M.T., Romanowski, H.P., Mendonça, M.S.Jr., 2010. Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) ocorrentes em diferentes ambientes na Floresta Ombrófila Mista e nos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotrop.* 10, 309-320.

Jenkins, D.W., 1990. Neotropical Nymphalidae VIII. Revision of *Eunica*. *Bulletin of the Allyn Museum* n° 131, Gainesville.

Lamas, G., 2004. Atlas of Neotropical Lepidoptera: checklist, part 4A, Hesperioidea and Papilionoidea. Association for Tropical Lepidoptera and Scientific Publishers, Gainesville.

Leite, P.F., 2002. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. *Ciência & Ambiente* 24, 51-73.

Magurran, A.E., McGill, B.J., (Eds.), 2011. Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. Oxford University Press, New York.

Marchiori, M.O., Romanowski, H.P., 2006. Species composition and diel variation of a butterfly taxocene (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in a restinga wood at Itapuã State Park, Southern Brazil. *Revta. Bras. Zool.* 23, 443-454.

McGill, B.J., 2010. Towards a unification of unified theories of Biodiversity. *Ecol. Lett.* 13, 627-642.

Melo, A.S., 2008. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade num índice de diversidade? *Biota Neotrop.* 8, <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/pt/abstract?article+bn00108032008>. Acessado em abril 2011.

- Mielke, O.H.H., 2005. Catalogue of the American Hesperioidea: HesperIIDae (Lepidoptera). vol. 1. Complementary and supplementary parts to the checklist of the Neotropical region; Hesperioidea, HesperIIDae, Pyrrhopiginae. Sociedade Brasileira de Zoologia, Curitiba.
- Morais, A.B.B., Romanowski, H.P., Iserhard, C.A., Marchiori, M.O., Segui, R., 2007. Mariposas del Sur de Sudamérica (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea). *Ciência e Ambiente* 1, 29-46.
- Moreno, J.A., 1961. Clima do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura, Porto Alegre.
- Nimmer, E., 1990. Clima, in: Geografia do Brasil Região Sul. Fundação Instituto de Geografia e Estatística/IBGE, Rio de Janeiro, pp. 151-187.
- Norusis, M.J., 2000. SPSS 10.0 Guide to data analysis. Prentice Hall, New Jersey.
- Núñez-Bustos, E., 2010. Mariposas de la ciudad de Buenos Aires y alrededores. Vázquez Mazzini editores, Buenos Aires.
- Owen, D.F., 1971. Tropical butterflies. Oxford University Press, London.
- Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11, 1633-1644.
- Pozo, C., Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Salas-Suárez, N., Maya-Martínez, A., Vargas-Fernández, I., Warren, A.D., 2008. Seasonality and phenology of the butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) of Mexico's Calakmul region. *Florida Entomologist* 91, 407-422.
- Ribeiro, D.B., Freitas, A.V.L., 2011. Large-sized insects show stronger seasonality than small-sized ones: a case study of fruit-feeding butterflies. *Biol. J. Linn. Soc.* 104, 820-827.

- Ribeiro, D.B., Prado, P.I., Brown, K.S.Jr., Freitas, A.V.L., 2010. Temporal diversity patterns and phenology in fruit-feeding butterflies in the Atlantic Forest. *Biotropica* 42, 710-716.
- Richards, L.A., Windsor, D.M., 2007. Seasonal variation of arthropod abundance in gaps and the understorey of a lowland moist forest in Panama. *J. Trop. Ecol.* 23, 169–176.
- Shapiro, A.M., VanBuskirk, R., Kareofelas, G., Patterson, W.D., 2003. Phenofaunistics: seasonality as a property of butterfly faunas, in: Boggs, C.L., Watt, W.B., Ehrlich, P.R. (Eds.), *Butterflies. Ecology and evolution taking flight*. The University of Chicago Press, Chicago, pp.111-147.
- Sims, S.R., 2007. Diapause dynamics, seasonal phenology, and pupal color dimorphism of *Papilio polyxenes* in southern Florida, USA. *Entomol. Experim. Applic.* 123, 239–245.
- Tanaka, S., 2000. The role of moisture in the control of diapause and mating and aggregation in a tropical insect. *Entomol. Sci.* 3, 147-155.
- Tóthmérész, B., 1995. Comparison of different methods for diversity ordering. *J. Veget. Sci.* 6, 283-290.
- Waechter, J.L., Jarenkow, J.A., 1998. Composição e estrutura do componente arbóreo nas matas turfosas do Taim, Rio Grande do Sul. *Biotemas* 11, 45-69.
- Wahlberg, N., Leneveu, J., Kodandaramaiah, U., Peñas, C., Nylin, S., Freitas, A.V.L., Brower, A.V.Z., 2009. Nymphalid butterflies diversify following near demise at the cretaceous/tertiary boundary. *Proc. R. Soc. B* 276, 4295-4302.
- Wolda, H., 1988. Insect seasonality: Why? *Annu. Rev. Ecol. S.* 19, 1-18.

Tabela 1. Riqueza de espécies (S), número de indivíduos (N), índice de riqueza de Margalef (Dmg), índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e de Simpson (1/D), índice de dominância de Berger-Parker (d), número de singletons (Sgl) e número de espécies raras (S raras) por estação do ano e totais calculados para as assembleias de borboletas registradas na Mata de Restinga e na Mata de Araucária. Inv: inverno; Prim: primavera; Ver: verão; Out: outono.

| | Mata de Restinga | | | | | Mata de Araucária | | | | |
|---------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| | Inv | Prim | Ver | Out | Total | Inv | Prim | Ver | Out | Total |
| S | 18 | 60 | 47 | 47 | 92 | 20 | 55 | 78 | 96 | 134 |
| N | 53 | 349 | 289 | 359 | 1050 | 67 | 390 | 823 | 1017 | 2297 |
| Dmg | 4.28 | 10.08 | 8.12 | 7.82 | 13.08 | 4.52 | 9.05 | 11.47 | 13.72 | 17.18 |
| H' | 2.24 | 3.38 | 3.15 | 3.23 | 3.56 | 2.52 | 3.45 | 3.57 | 3.68 | 3.87 |
| 1/D | 5.23 | 18.29 | 15.36 | 16.93 | 19.86 | 8.82 | 21.51 | 20.00 | 24.26 | 29.10 |
| d | 0.40 | 0.13 | 0.14 | 0.11 | 0.14 | 0.19 | 0.14 | 0.16 | 0.10 | 0.10 |
| Sgl | 11 | 21 | 17 | 8 | 18 | 9 | 17 | 20 | 27 | 33 |
| S raras | 11 | 38 | 24 | 24 | 71 | 9 | 28 | 51 | 70 | 108 |

Tabela 2. Número de indivíduos por famílias de borboletas ao longo das estações do ano na Mata de Restinga e na Mata de Araucária, extremo sul do Brasil. Inv: inverno; Prim: primavera; Ver: verão; Out: outono.

| Famílias | Mata de Restinga | | | | Mata de Araucária | | | |
|--------------|------------------|------|-----|-----|-------------------|------|-----|-----|
| | Inv | Prim | Ver | Out | Inv | Prim | Ver | Out |
| Hesperiidae | 4 | 100 | 63 | 51 | 2 | 26 | 82 | 181 |
| Nymphalidae | 38 | 174 | 187 | 249 | 31 | 184 | 476 | 614 |
| Papilionidae | | 39 | 20 | 4 | | 53 | 79 | 19 |
| Pieridae | 8 | 30 | 10 | 36 | 19 | 91 | 112 | 60 |
| Riodinidae | 2 | 1 | 3 | 10 | 13 | 31 | 52 | 127 |

Tabela 3. NPMANOVA a dois critérios de classificação para a composição de espécies das assembleias de borboletas registradas ao longo das estações, entre julho de 2007 e maio de 2009, na Mata de Restinga e na Mata de Araucária, extremo sul do Brasil.

| Fonte de variação | SQ | gl | QM | F | p |
|-------------------|--------|----|--------|--------|--------|
| Locais | 3,7147 | 1 | 3,7147 | 37,025 | 0,0001 |
| Estações | 1,7303 | 3 | 0,5768 | 5,748 | 0,0001 |
| Interação | 0,8886 | 3 | 0,2962 | 2,952 | 0,0023 |
| Total | 8,7415 | 31 | | | |

Tabela 4. NPMANOVA calculada para as estações do ano, entre julho de 2007 e maio de 2009, na Mata de Restinga (MR) e na Mata de Araucária (MR). Valores em negrito indicam diferenças significativas.

| Fonte de variação | | Mata de Restinga | | Mata de Araucária | |
|-------------------|-------------------|------------------|---------------|-------------------|---------------|
| | | F | p | F | p |
| Dois a dois | Inverno-Primavera | 4,484 | 0,0303 | 3,203 | 0,0303 |
| | Inverno-Verão | 18,81 | 0,0298 | 3,901 | 0,0298 |
| | Inverno-Outono | 24,09 | 0,0289 | 4,835 | 0,0289 |
| | Primavera-Verão | 5,109 | 0,0330 | 2,260 | 0,1466 |
| | Primavera-Outono | 5,333 | 0,0289 | 3,739 | 0,0591 |
| | Verão-Outono | 1,602 | 0,1967 | 1,667 | 0,2018 |

Tabela 5. Abundância de borboletas registradas em todas as estações do ano pelo menos em uma das localidades de estudo, no extremo sul do Brasil. Inv: inverno; Prim: primavera; Ver: verão; Out: outono.

| Famílias/Subfamílias/Espécies | Mata de Restinga | | | | Mata de Araucária | | | |
|---|------------------|------|-----|-----|-------------------|------|-----|-----|
| | Inv | Prim | Ver | Out | Inv | Prim | Ver | Out |
| HESPERIIDAE | | | | | | | | |
| Hesperiinae | | | | | | | | |
| <i>Miltoniges cinnamomea</i> (Herrich-Schäffer, 1869) | 1 | 1 | 2 | 5 | | 2 | 7 | 4 |
| <i>Mnasitheus ritans</i> (Schaus, 1902) | | | | | 1 | 6 | 21 | 64 |
| Pyrginae | | | | | | | | |
| <i>Pyrgus orcus</i> (Stoll, 1780) | 1 | 5 | 7 | 6 | | | | |
| NYMPHALIDAE | | | | | | | | |
| Biblidinae | | | | | | | | |
| <i>Eunica eburnea</i> Fruhstorfer, 1907 | 21 | 46 | 40 | 40 | | | | |
| Heliconiinae | | | | | | | | |
| <i>Heliconius erato phyllis</i> (Fabricius, 1775) | 2 | 14 | 20 | 29 | 1 | 4 | 21 | 23 |
| <i>Heliconius ethilla narcaea</i> Godart, 1819 | | 1 | | 2 | 1 | 1 | 6 | 33 |
| Limnitiinae | | | | | | | | |
| <i>Adelpha mythra</i> (Godart, [1824]) | | | | 2 | 2 | 10 | 11 | 32 |
| <i>Adelpha syma</i> (Godart, [1824]) | | | | | 1 | 9 | 15 | 22 |
| Nymphalinae | | | | | | | | |
| <i>Junonia evarete</i> (Cramer, 1779) | 1 | 4 | 8 | 14 | | | | |
| <i>Ortilia ithra</i> (W. F. Kirby, 1900) | 4 | 25 | 2 | 10 | | | 1 | 2 |
| <i>Telenassa teletusa</i> (Godart, [1824]) | | | | | 2 | 12 | 20 | 40 |
| Satyrinae | | | | | | | | |
| <i>Guaianaza pronophila</i> (Butler, 1867) | | | | | 12 | 12 | 27 | 23 |
| <i>Hermeuptychia</i> sp.1 | 4 | 16 | 23 | 41 | | | | |
| <i>Hermeuptychia</i> sp.2 | | | | | 1 | 18 | 7 | 22 |
| <i>Moneuptychia griseldis</i> (Weymer, 1911) | | | | | 3 | 9 | 4 | 3 |
| <i>Moneuptychia paeon</i> (Godart, [1824]) | | | | | 3 | 18 | 7 | 64 |
| PIERIDAE | | | | | | | | |
| Coliadinae | | | | | | | | |
| <i>Phoebis neocypris neocypris</i> (Hübner, [1823]) | 6 | 21 | 5 | 13 | 11 | 54 | 60 | 22 |
| Dismorphiinae | | | | | | | | |
| <i>Dismorphia thermesia</i> (Godart, 1819) | | | | | 4 | 22 | 31 | 34 |
| RIODINIDAE | | | | | | | | |
| Riodininae | | | | | | | | |
| <i>Emesis lupina melancholica</i> Stichel, 1916 | | | | | 13 | 10 | 18 | 24 |

| Famílias/Subfamílias/Espécies | Mata de Restinga | | | | Mata de Araucária | | | |
|---|------------------|------|-----|-----|-------------------|------|-----|-----|
| | Inv | Prim | Ver | Out | Inv | Prim | Ver | Out |
| <i>Episcada philoclea</i> (Hewitson, [1855]) | | | | | | | 2 | |
| <i>Methona themisto</i> (Hübner, 1818) | | 2 | | | | | | |
| Heliconiinae | | | | | | | | |
| <i>Actinote carycina</i> Jordan, 1913 | | | | | | | | 4 |
| <i>Actinote discrepans</i> d'Almeida, 1958 | | | | | | | | 3 |
| <i>Actinote parapheles</i> Jordan, 1913 | | | | | | | | 2 |
| <i>Actinote pellenea</i> Hübner, [1821] | | | | | | | | 2 |
| <i>Actinote rhodope</i> d'Almeida, 1923 | | | | | | | | 3 |
| <i>Dryadula phaetusa</i> (Linnaeus, 1758) | | | | 5 | | | | |
| Satyrinae | | | | | | | | |
| <i>Morpho portis thamyris</i> C. Felder & R. Felder, 1867 | | | | | | | | 11 |
| <i>Paryphthimoides poltys</i> (Prittowitz, 1865) | | | 3 | | | | | |
| PAPILIONIDAE | | | | | | | | |
| Papilioninae | | | | | | | | |
| <i>Parides agavus</i> (Drury, 1782) | | | 6 | | | | | |
| <i>Parides anchises nephalion</i> (Godart, 1819) | | 2 | | | | | 2 | |
| PIERIDAE | | | | | | | | |
| Coliadinae | | | | | | | | |
| <i>Phoebis argante argante</i> (Fabricius, 1775) | | 2 | | | | | | |
| <i>Pyrisitia nise tenella</i> (Boisduval, 1836) | | | | 6 | | | | |
| Dismorphiinae | | | | | | | | |
| <i>Pseudopieris nehemia</i> (Boisduval, 1836) | | | | | | | 3 | |
| RIODINIDAE | | | | | | | | |
| Euselasiinae | | | | | | | | |
| <i>Euselasia hygenius occulta</i> Stichel, 1919 | | 2 | | | | | | |
| Riodininae | | | | | | | | |
| <i>Aricoris gauchoana</i> (Stichel, 1910) | | | | 3 | | | | |
| <i>Harveyope sejuncta</i> | | | | | | | 4 | |
| <i>Harveyope zerna</i> (Hewitson, 1872) | | | | | | | 3 | |
| <i>Riodina lysippoides</i> Berg, 1882 | | | | 7 | | | | |

Figura 1. Rarefação baseada em indivíduo para a riqueza de espécies registrada entre as estações do ano na Mata de Restinga e na Mata de Araucária no extremo sul do Brasil. Inv: inverno; Pri: primavera; Ver: verão; Out: outono.

Figura 2. Distribuição de abundância total e sazonal das espécies de borboletas registradas na Mata de Restinga (MR) e na Mata de Araucária (MA), entre julho de 2007 e maio de 2009.

Figura 3. Projeção bidimensional do escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) para as estações do ano na Mata de Restinga (a) e na Mata de Araucária (b). Símbolos escuros indicam diferenças significativas com todas as outras estações do ano, símbolos vazados indicam ausência de diferenças significativas das estações entre si.

Figura 4. Médias mensais das temperaturas mínimas e máximas e da umidade relativa do ar, entre julho de 2007 e maio de 2009, para a região metropolitana de Porto Alegre(a) e para a região de Cambará do Sul (b). Dados fornecidos pelo 8º DISME/INMET.

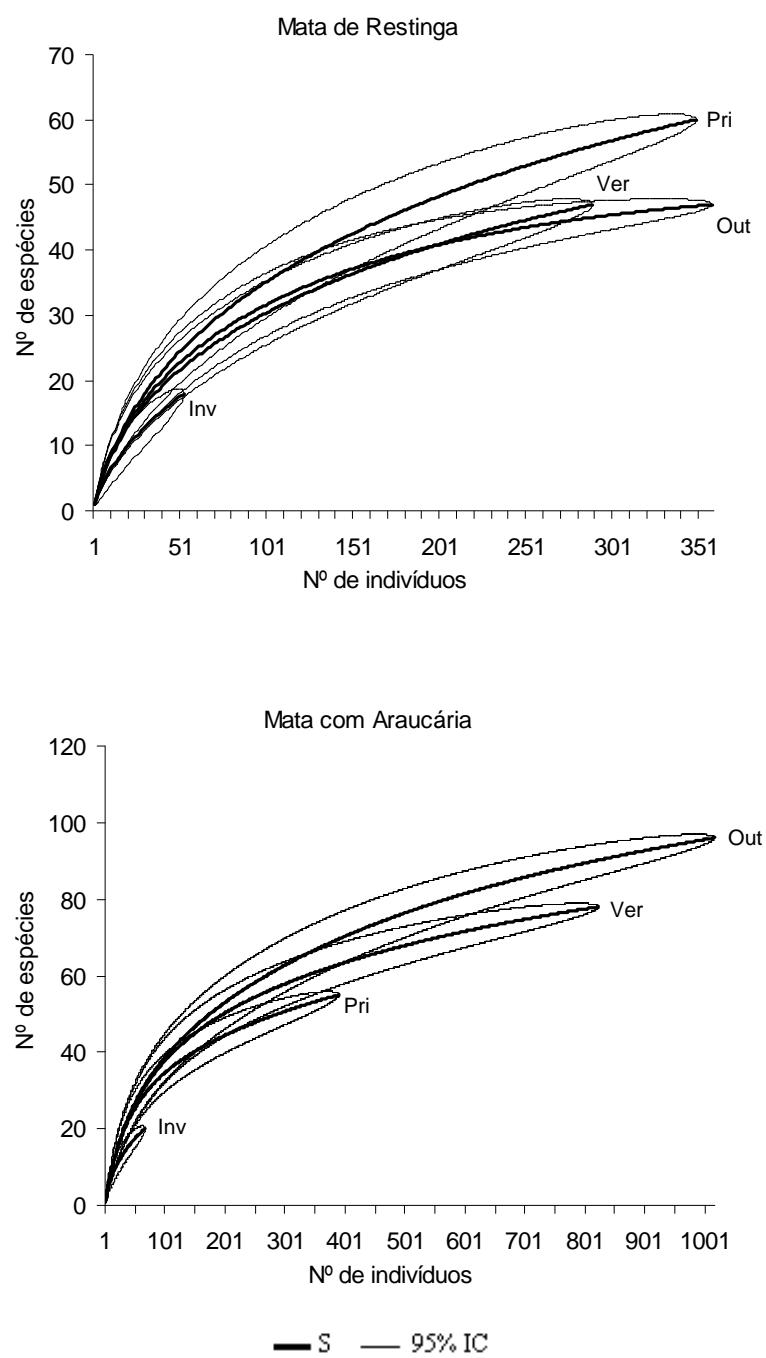


Figura 1.

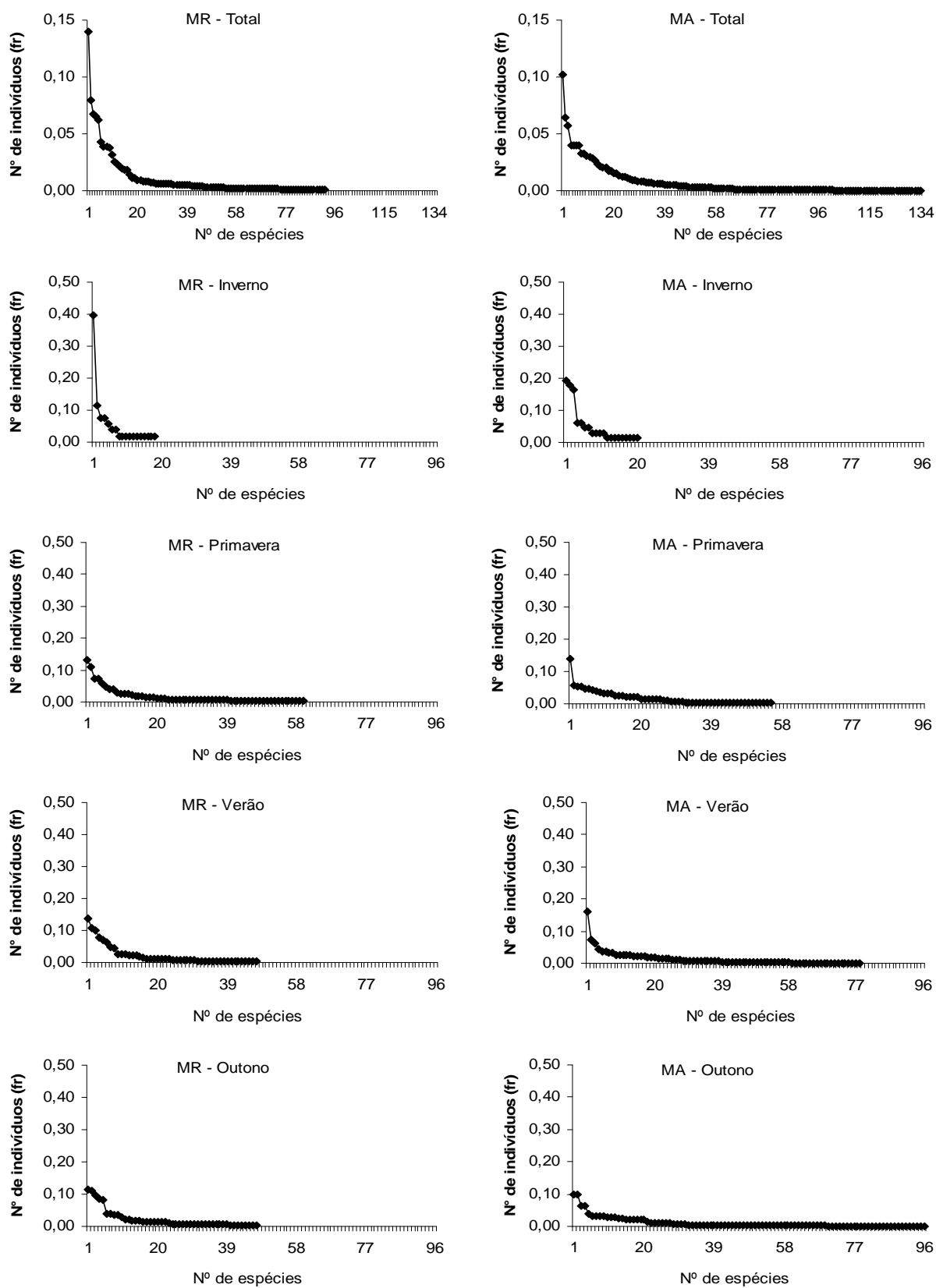


Figura 2

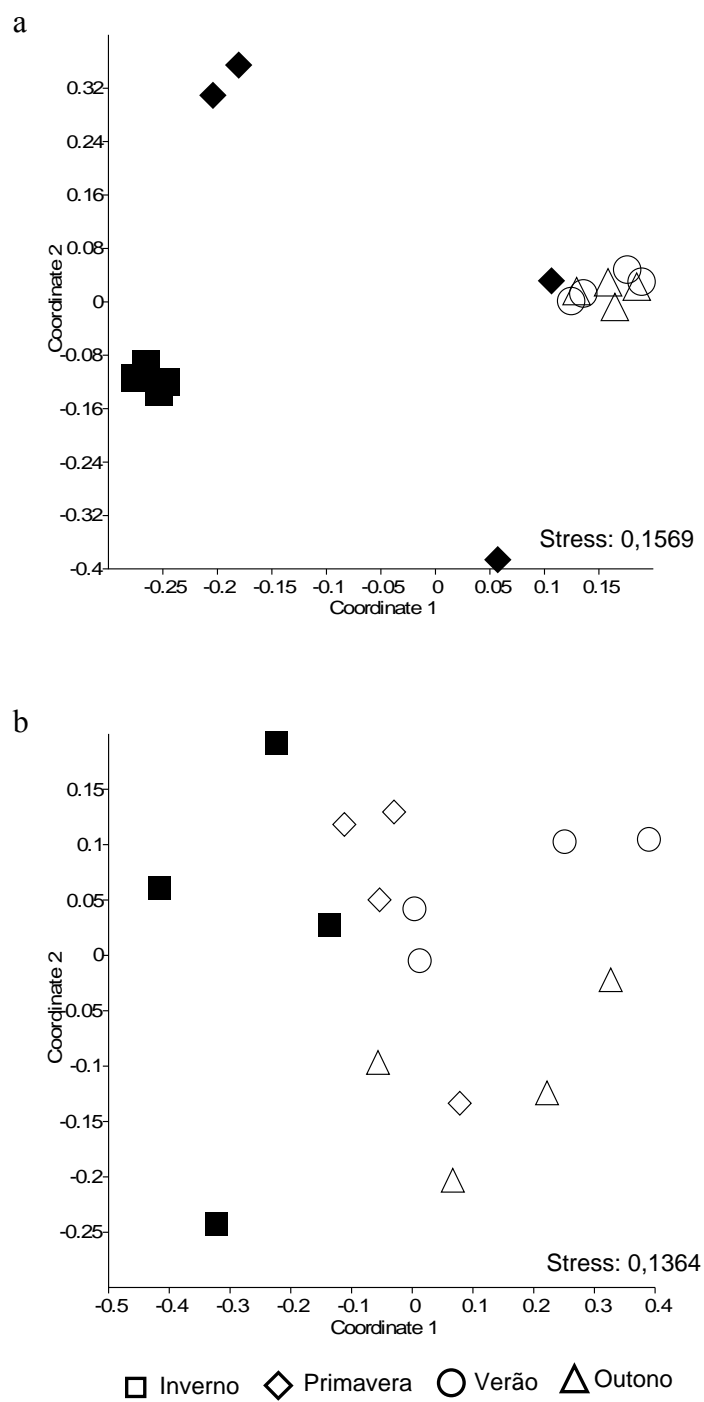
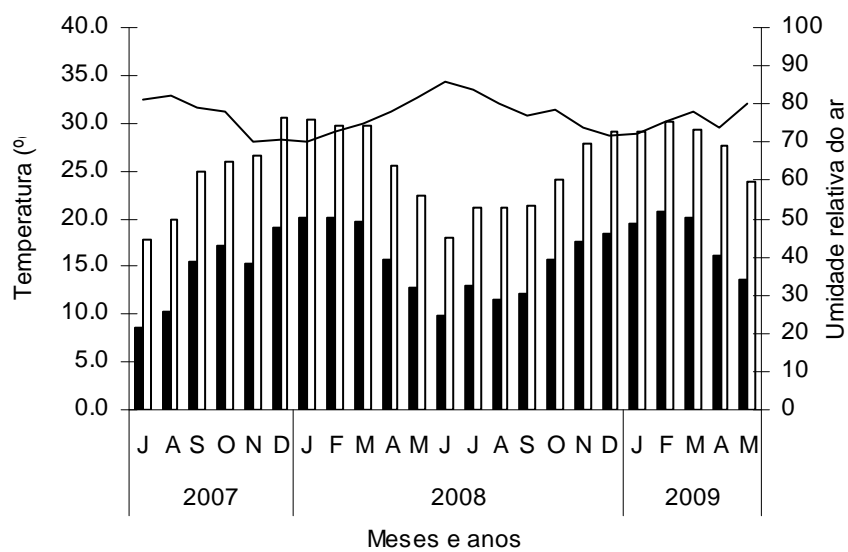


Figura 3.

a



b

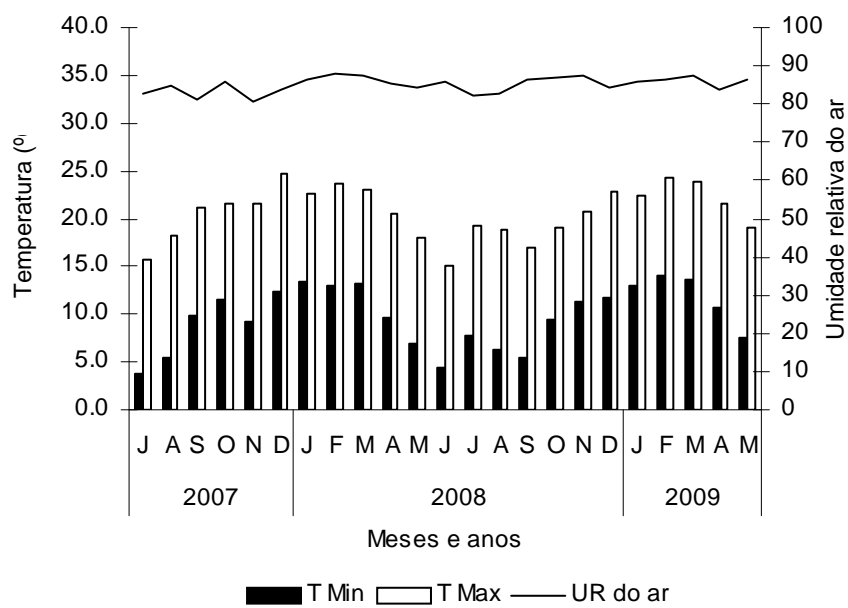


Figura 4

6.3. Artigo 3

Manuscrito a ser submetido para Journal of Insect Science

Composição e variação ao longo do dia na assembleia de borboletas em formações de Mata de Restinga e Mata de Araucária no extremo sul do Brasil

Maria Ostilia Marchiori^{1a*}

¹ Laboratório de Ecologia de Insetos, Departamento de Zoologia, UFRGS,
Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

^a E-mail: mariosti2@hotmail.com *Autor para correspondência

Helena Piccoli Romanowski^{1b}

¹ Laboratório de Ecologia de Insetos, Departamento de Zoologia, UFRGS,
Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

^b E-mail: hpromano@ufrgs.br

Milton de Souza Mendonça Jr^{2c}

² Departamento de Ecologia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves 9500,
CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

^c E-mail: milton.mendonca@ufrgs.br

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a riqueza e a abundância de borboletas ao longo do dia em Matas de Restinga e Matas de Araucária no sul do Brasil. Avaliou-se a influência da temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento sobre a variação diária e sazonal. Foram realizadas duas expedições a campo por estação para cada uma das formações vegetais, entre julho de 2007 e maio de 2009. As borboletas foram amostradas no interior das matas através de observação de varredura e com auxílio de rede entomológica. Foram avaliadas a riqueza e a abundância por famílias, subfamílias e espécies de borboletas. Foi utilizada Análise de Correspondência Canônica (CCA) para verificar a relação entre as assembleias e as variáveis microclimáticas. Registrou-se uma variação significativa na riqueza e abundância de borboletas ao longo dos horários do dia, geral e sazonalmente, em ambos locais de estudo. Na Mata de Restinga a maior diversidade ocorreu às 11:00, e na Mata de Araucária entre 10:00 e 11:00. Nymphalidae prevaleceu em todos os horários do dia, seguida por Hesperidae. Para a Mata de Restinga a CCA evidenciou um gradiente diário na primavera relacionado com o aumento na velocidade do vento e a influência da temperatura na restrição da atividade de uma parcela da assembleia de borboletas. Na Mata de Araucária a CCA mostrou um gradiente sazonal relacionado com a variação na temperatura. O horário das 10:00 às 16:00 comprovou ser efetivo para maximização do registro de espécies no interior de matas em ambos locais de estudo. Apesar da dificuldade de avaliar este tipo de relação temporal em múltiplas escalas, foi possível perceber padrões na atividade diária e sazonal de borboletas em dois ambientes contrastantes no Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: Diversidade, Floresta Ombrófila Mista, inventário, Lepidoptera, subtropical.

Introdução

A existência de padrões temporais na atividade de borboletas é um fenômeno conhecido (DeVries e Walla 2001; Pozo et al. 2008; Ribeiro e Freitas 2011) e que não ocorre ao acaso (Shapiro et al. 2003). Informações sobre o período de atividade de borboletas adultas podem ser encontradas em estudos populacionais ou sobre a biologia de determinadas espécies (Scott 1975; Freitas et al. 1997; Konvicka et al. 2002). A literatura sobre comunidades ou história natural, por vezes, também inclui informações sobre horários de atividade de espécies ou táxons mais amplos (DeVries 1987, 1997), mas em geral este aspecto não é priorizado. A segregação temporal de eventos comportamentais tem recebido maior atenção e sabe-se que tais eventos podem ocorrer separadamente em determinadas horas do dia (Srygley 1994; Konvicka et al. 2002; Peixoto e Benson 2009). Algumas borboletas são ativas durante todo o dia, enquanto outras exibem a sua maior atividade ao início, meio ou fim do dia (Brown 1992; Fullard et al. 2000; Freitas et al. 2003). Estas diferenças, nos horários de atividade, se refletem na riqueza e abundância das assembleias, ao longo do dia.

Variações na temperatura, vento, umidade e radiação solar influenciam a atividade dos insetos (Konvicka et al. 2002; Melo et al. 2009; Wikström et al. 2009). Períodos de alta temperatura e aquecimento solar podem ser debilitantes, agravar o risco de dessecação (Ide 2004) e impor custos metabólicos inaceitáveis. Por outro lado, temperaturas muito baixas tornam a oviposição, a busca por parceiros e o escape de predadores ineficientes (Berwaerts e Van Dyck 2004). Variações diárias no microclima influenciam as espécies de tamanho pequeno na escolha por diferentes tipos de habitat, principalmente em razão de sua relação superfície/volume (Stoutjesdijk e Barkman 1992). As borboletas utilizam estratégias para regular a temperatura corporal e evitar situações de estresse durante o dia, alterando a sua postura ou mudando de microhabitat (Rutowski et al. 1994). Assim sendo,

a abundância de borboletas pode refletir a atividade destas em diferentes áreas, tais como, bordas de matas ou clareiras ensolaradas. Estes locais podem ser ocupados preferencialmente durante os períodos de temperaturas baixas a moderadas e evitados quando as temperaturas forem muito altas.

Para efeitos amostrais, também é relevante conhecer a variação na atividade diária das diferentes espécies que compõem uma assembleia. O horário de amostragem deve ser aquele que melhor represente o horário de atividade de grande parte da assembleia estudada (Brown 1972), o que para borboletas, geralmente, ocorre no período com maior intensidade de luz solar (Pollard 1977; Spitzer et al. 1997). Entretanto, como há variações nos períodos de atividade de acordo com as diferentes espécies, tal procedimento, não minimiza o efeito de subamostragem daquelas que apresentam hábitos matutinos ou crepusculares (DeVries 1987; Brown 1992; Zanetti et al. 1996; Freitas et al. 2003).

Embora seja “senso comum” que a existência de registros precisos sobre informações de ordem temporal possam ser úteis para análises ambientais (Brower et al. 1990), estudos sistematizados de campo sobre horários de atividade em assembleias de borboletas ainda são escassos. DeVries et al. (2008) avaliaram, ao longo de cinco anos, a atividade diária de 404 espécies da família Hesperiiidae, em uma floresta tropical de terras baixas em Rondônia, Brasil, e encontraram diferenças significativas nos períodos de atividade entre famílias, subfamílias e gêneros desta assembleia. Marchiori e Romanowski (2006) examinaram, durante um ano, a variação ao longo do dia na composição e abundância de 41 espécies de borboletas em uma mancha de Mata de Restinga localizada em uma planície arenosa no sul do Brasil. O período de maior atividade foi entre 09:00 e 11:00 horas, com pico de abundância às 11:00. Nesta mata, a vegetação é de baixo porte, o solo é arenoso e a exposição à radiação solar é intensa. O estudo sugeriu que as temperaturas e a intensidade da radiação solar possam ter tido seu efeito potencializado ao

longo do dia, principalmente nos meses de verão, afetando negativamente a atividade das borboletas a partir das 12:00.

Os Campos de Cima da Serra, localizados em altitudes elevadas nos planaltos da região sul do Brasil, fazem parte dos domínios da Mata Atlântica e possuem remanescentes de Floresta Ombrófila Mista. Esta vegetação é composta por uma associação de árvores de clima temperado, tais como o pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*), com uma flora de origem tropical (Backes 2009). Em contraste com as Matas de Restinga, que ocorrem na planície costeira do Estado e são compostas por uma vegetação xerofítica, estas matas de altitude estão sujeitas a uma umidade constante, geada e até mesmo, neve.

Este trabalho dá continuidade ao estudo realizado por Marchiori e Romanowski (2006) em ambientes de Restinga e aprofunda as investigações sobre assembleias de borboletas incluindo as Matas de Araucária. Os objetivos foram (i) avaliar a variação em parâmetros de diversidade de borboletas ao longo do dia e sazonalmente em duas formações vegetais, (ii) avaliar os principais fatores microclimáticos associados a estas variações e (iii) fornecer subsídios para sugerir os melhores horários para protocolos de amostragem padronizados e monitoramento.

Material e Métodos

Áreas de estudo

O estudo foi desenvolvido em duas formações vegetais com condições ambientais contrastantes: Mata de Restinga (MR) e Mata de Araucária (MA), no Rio Grande do Sul, extremo sul do Brasil. Em cada formação vegetal foram delimitadas duas áreas de estudo com aproximadamente 2.500 m² cada, no interior da mata e de clareiras pré-existentes.

As áreas de MR se localizam no Parque Estadual de Itapuã (PEI) (30°22' S; 51°02' W), município de Viamão. Estas matas são formadas por capões arbóreo-arbustivos

compostos por uma vegetação xerofítica densa e espinhosa, entremeada por ambientes abertos e propícios à dessecação (Brack et al. 1998). O solo é predominantemente arenoso e com dunas baixas. O clima na região é mesotérmico, sem estação seca e com verões quentes. A temperatura média anual é de 17,5 °C, entretanto, no verão, as máximas absolutas podem atingir 40°C (Nimmer 1990). A pluviosidade média anual da região é de 1.300 mm e o vento predominante é o nordeste.

As áreas de MA localizam-se na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA-SFP) (29°24' S 50°22' W), a 912 m de altitude, no município de São Francisco de Paula. São formadas por uma vegetação densa que permanece sombreada durante boa parte do dia. O clima na região é mesotérmico, sem estação seca, mas com verões brandos e invernos frios. A temperatura média da região é 14,5 °C. Julho é o mês mais frio do ano com 5,7°C como média das mínimas. Valores próximos a 0°C também podem ocorrer nos meses de primavera e outono. Toda a região está sujeita a frequentes e intensos nevoeiros e a pluviosidade média anual é alta, cerca de 2.252 mm (Backes 2009). Os ventos predominantes são de leste, sudeste e nordeste.

Amostragem

As amostragens foram realizadas de julho de 2007 a maio de 2009, através de duas saídas a campo por estação do ano para cada área, totalizando 32 ocasiões amostrais em cada localidade.

As borboletas foram registradas através do método de observação de varredura, modificado a partir de Marchiori e Romanowski (2006). Este consiste em uma vistoria abrangente na área de amostragem a fim de registrar as espécies presentes e quantificar sua abundância. As amostragens foram realizadas das 8:00 às 17:45 h (hora solar) e eram compostas por dez períodos sucessivos de 60 min, divididos em 45 min para o registro da

fauna e 15 min de pausa, totalizando 7h30min de observações por dia. Cada período de 45 min é doravante referido como “horário” e representado através da hora cheia em que a amostragem começa. Tal procedimento também foi adotado para as tabelas e figuras.

O registro das borboletas em cada área de estudo foi efetuado preferencialmente de forma visual. Quando necessário, para a identificação, o indivíduo era capturado com auxílio de rede entomológica, e depois, solto. Os espécimes foram identificados preferencialmente *in situ*, mas quando isto não era possível, estes eram coletados e conduzidos ao laboratório para posterior montagem e determinação. Espécimes testemunho estão depositados na Coleção de Lepidoptera do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil.

A classificação sistemática adotada seguiu Lamas (2004) e Mielke (2005). Para a família Nymphalidae seguiu-se Wahlberg et al. (2009).

Dados Climáticos

Foram registrados dados de temperatura mínima, máxima e média, umidade relativa do ar mínima, máxima e média e velocidade do vento, a cada intervalo de 45 min, em todas as ocasiões amostrais e em ambos locais de estudo. Para tanto, foi utilizado um termo-higro-anemômetro digital portátil, da marca Instrutherm, modelo THAL 300. Os dados meteorológicos foram tomados sempre no mesmo ponto das áreas de amostragem. A estação meteorológica era posicionada a ca. 1,5 m do solo, em local aberto, mas sem exposição direta à luz solar.

Análise dos Dados

Para análise dos dados, cada período de 45 min foi considerado como uma unidade discreta. Os dados utilizados nas análises, bem como os que são apresentados nas figuras e

tabelas, representam o número de indivíduos avistados, sazonal ou anualmente, em cada período. O mesmo critério foi adotado para os dados abióticos.

Foram avaliadas a riqueza (S) e a abundância (N) das assembleias de borboletas ao longo do dia na MR e na MA. Para verificar se o padrão geral de diversidade variou com o horário em cada formação vegetal foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis (Sokal e Rohlf 1981). Para tanto foi elaborada uma matriz de dados, para cada local de estudo, contendo os valores totais de abundância por espécie de borboleta e por horários de amostragem. Posteriormente, foi aplicado o teste de Mann-Whitney com correção de Bonferroni, para testar a significância das diferenças entre os horários, dois a dois.

Diferenças na distribuição de riqueza e abundância ao longo do dia, em cada formação vegetal, foram avaliadas adotando-se a categoria taxonômica de família de borboleta. Para tanto, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (Sokal e Rohlf 1981) e a probabilidade de significância calculada através de 9.999 permutações com programa PAST (Hammer et al. 2001).

Para avaliar se o padrão de distribuição de abundância da assembleia de borboletas variou sazonalmente e ao longo do dia, em cada formação vegetal, foi adotada a categoria taxonômica de subfamília. Foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis e posteriormente aplicado o teste de Mann-Whitney com correção de Bonferroni, novamente testando-se a significância das diferenças entre os horários, dois a dois.

A fim de verificar a relação entre a assembleia de borboletas e o gradiente ambiental registrado ao longo do dia, sazonalmente, em cada formação vegetal, foi utilizada análise de correspondência canônica (CCA) (Ter Braak 1986). Este é um método direto de análise de gradientes cujo objetivo principal é relacionar a abundância ou a estrutura de comunidades a variáveis ambientais, e consiste na generalização de regressões múltiplas nas quais y variáveis estarão simultaneamente relacionadas com x variáveis

(Manly 1986). Para confirmar a importância das variáveis ambientais foi realizado um teste de regressão múltipla, no programa SPSS (Norusis 2000), e aquelas redundantes excluídas da CAA. Como variáveis ambientais foram utilizadas a temperatura máxima, a umidade relativa do ar média e a velocidade do vento, medidas por hora e *in situ*. Os resultados da CCA foram plotados para as variáveis que se correlacionaram com os respectivos eixos. Para a matriz de dados bióticos utilizou-se a abundância de borboletas por subfamílias, removendo-se os singletons e doubletons. Os dados de abundância foram transformados utilizando-se $\log_{10}(x + 1)$ a fim de normalizar as variâncias (Ter Braak 1986). O teste de permutação de Monte Carlo foi utilizado, através do programa PC-ORD (McCune e Mefford 1999), para testar a significância da relação entre a composição de espécies e as variáveis ambientais. Concomitantemente, para realização da CCA, foi utilizado o programa PAST (Hammer et al. 2001).

Resultados

Após 240 horas de amostragem (para cada local) foram registrados 1.050 indivíduos de borboletas distribuídos em 92 espécies, 21 subfamílias e seis famílias na MR e 2.297 indivíduos pertencentes a 134 espécies, 18 subfamílias e seis famílias na MA.

A assembleia de borboletas diferiu significativamente ao longo dos horários do dia, tanto na MR ($H_c = 98,58$; $gl = 9$; $P < 0,001$) como na MA ($H_c = 194,4$; $gl = 9$; $P < 0,001$). Na MR, às 11:00 foi registrada a maior riqueza ($S = 58$), e na MA, às 10:00 e 12:00 ($S = 84$) (Figura 1). A maior abundância, na MR, foi registrado às 11:00, e na MA, às 12:00. Em ambos locais, o primeiro horário da manhã (8:00) e os dois últimos da tarde (16:00 e 17:00), diferiram significativamente da maioria dos outros horários (Tabela 1).

Na MR, as famílias Nymphalidae e Hesperiiidae, Pieridae e Papilionidae, e Riodinidae e Lycaenidae ($D < 0,5$; $P > 0,05$ para todos os casos) não diferiram entre si

quanto a distribuição de suas riquezas ao longo do dia (Figura 2A). Nesta localidade, exemplares destas famílias ocorreram ao longo de todos os horários, mas principalmente pela manhã e com picos de riqueza às 11:00. Riodinideos e licenídeos tiveram sua ocorrência mais restrita, das 9:00 às 14:00 ou 15:00, respectivamente. Na MA, as famílias Nymphalidae e Hesperíidae diferiram significativamente de todas as outras famílias ($D > 0,7$; $P < 0,002$ para todos os casos) (Figura 2B). As demais, não diferiram significativamente entre si. O pico de riqueza de Nymphalidae e Hesperíidae ocorreu entre 10:00 e 13:00. De Pieridae, às 12:00. A riqueza, nas demais famílias, se distribuiu de uma forma mais homogênea ao longo do dia.

Quando se analisa a abundância, na MR, somente Lycaenidae e Riodinidae, Papilionidae e Pieridae ($D < 0,3$; $P > 0,398$ para todos os casos) não diferiram entre si ao longo do dia (Figura 2C). Estas famílias diferiram das demais, assim como, todas as restantes entre si ($D > 0,5$; $P < 0,002$ para todos os casos). Nymphalidae foi a família mais abundante, com pico entre 12:00 e 13:00, seguida por Hesperíidae, com pico às 14:00. Na MA (Figura 2D), Nymphalidae foi a única família que diferiu significativamente ($D > 0,7$; $P < 0,002$ para todos os casos) de todas as outras. Nesta localidade, Nymphalidae também foi a família mais abundante, com um pico bem marcado às 12:00. Na MA, o pico de abundância de diversas famílias ocorreu no início da tarde, ou seja, às 13:00.

Sazonalmente, a riqueza de espécies variou ao longo do dia (Figura 3). Na MR, o outono registrou os maiores valores, principalmente às 11:00. A primavera registrou maior riqueza que o verão e os picos foram às 10:00 e às 14:00. Na MA, a riqueza foi mais elevada no outono, principalmente às 10:00, se mantendo assim até às 12:00. Aqui, a riqueza foi maior no verão do que na primavera, com picos às 12:00 e às 14:00. A abundância, na MR, seguiu o mesmo padrão sazonal que a riqueza, porém menos

acentuado. Na MA, o outono foi a estação com maior abundância. Esta se distribuiu principalmente entre 10:00 e 14:00, enquanto que no verão, o pico foi entre 12:00 e 13:00.

Analisando-se a abundância ao longo do dia e das estações por subfamílias, observa-se que, a assembleia de borboletas seguiu, para ambas localidades, o padrão sazonal descrito acima (Figuras 4 e 5). Entretanto, é interessante observar as peculiaridades na distribuição de abundância das diferentes subfamílias ao longo do tempo. Na MR, no inverno, a assembleia variou significativamente ao longo do dia ($H_c = 34,33$; $gl = 9$; $P < 0,013$), entretanto não houve diferença quando os horários foram analisados dois a dois ($P > 0,11$ para todos os casos) (Figura 4). Nesta estação, os poucos indivíduos presentes, principalmente da subfamília Biblidinae, ocorreram próximo ao meio-dia. Na primavera houve uma variação significativa ($H_c = 28,1$; $gl = 9$; $P < 0,001$), o que também foi verificado no horário das 17:00 quando comparado àqueles das 9:00 às 11:00 e das 13 às 15:00 00 ($P < 0,021$ para todos os casos). Nesta estação foram registrados muitos indivíduos de Hesperinae, ao longo de quase todo o dia. No verão não foi registrada uma variação significativa ($H_c = 15,59$; $gl = 9$; $P > 0,11$). Nesta estação observa-se uma distribuição de Biblidinae, Heliconiinae, Nymphalinae e Pyrginae mais homogênea ao longo do dia. No outono a assembleia variou significativamente ($H_c = 29,23$; $gl = 9$; $P < 0,001$) e os horários das 16:00 e 11:00, 17:00 e 11:00, 17:00 e 12:00 diferiram entre si ($P < 0,026$ para todos os casos). Novamente, foram registrados muitos indivíduos de Biblidinae, Heliconiinae e Nymphalinae ativos ao longo do dia.

Na MA, a assembleia de borboletas variou em todas as estações ($H_c > 37,28$; $gl = 9$; $P < 0,001$ para todos os casos) (Figura 5). No inverno, entretanto, os horários não diferiram significativamente entre si ($P > 0,340$ para todos os casos). A abundância ao longo do dia foi baixa e não houve registro de borboletas no início da manhã e no final da tarde. Nesta estação prevaleceram Riodininae e Satyrinae. Na primavera, o primeiro horário da manhã e

o das 16:00 diferiram daqueles compreendidos entre 10:00 e 13:00 e o das 17:00, diferiu daqueles entre 10:00 e 15:00 ($P < 0,026$ para todos os casos). Embora a abundância tenha se concentrado entre 10:00 e 13:00, os indivíduos de Coliadinae, Nymphalinae, Papilioninae e Satyrinae se distribuíram ao longo de quase todos os horários do dia. No verão, somente o primeiro e o último horário diferiram dos demais ($P < 0,029$ para todos os casos). O pico de abundância ocorreu às 13:00, mas os horários em torno deste também apresentaram um número elevado de indivíduos ativos, principalmente das subfamílias Danainae, Nymphalinae e Satyrinae. No outono, o horário das 8:00 diferiu de todos entre 10:00 e 14:00; o das 12:00 diferiu das 16:00 e o das 17:00 diferiu de todos entre 10:00 e 15:00 ($P < 0,022$ para todos os casos). Nesta estação, o pico de abundância foi ao meio-dia, mas indivíduos de Hesperinae, Nymphalinae, Riodininae e Satyrinae foram amplamente registrados entre 10:00 e 14:00.

Como muitas das espécies de borboletas ocorreram com densidade baixa (Marchiori et al. artigo 2 desta tese), optou-se por analisar em detalhe seis entre as mais abundantes e registradas em ambos locais de estudo (Figuras 6 e 7). *Anartia amathea roeselia* (Eschscholtz, 1821) (Nymphalidae), ocorreu tanto na MR como na MA, principalmente no verão e no outono. Entretanto, enquanto na MR foi registrada em todos os horários do dia, na MA, não ocorreu a partir das 16:00 no outono e às 17:00 no verão.

Dryas iulia alcionea (Cramer, 1779) (Nymphalidae), na MR, também foi registrada principalmente no verão e no outono, com maior abundância nesta última estação entre 9:00 e 12:00. Na MA, sua maior abundância foi no outono, sendo que no verão, apenas um indivíduo foi registrado ao meio-dia.

Ortilia ithra (W. F. Kirby, 1900) (Nymphalidae), na MR, foi registrada ao longo das quatro estações e na MA, não ocorreu no inverno. Em ambas as localidades foi

registrada principalmente na primavera. Nesta estação, na MR, seu pico de abundância foi das 10:00 às 13:00, e na MA foi das 9:00 às 10:00 e depois das 14:00 às 15:00.

Tegosa claudina (Eschscholtz, 1821) (Nymphalidae) foi registrada na primavera, verão e outono, tanto na MR como na MA. Sua densidade diferiu entre os locais, sendo maior na MA. Apesar disto, na primavera e no outono, seu pico de abundância ocorreu nos mesmos horários em ambos locais. No verão, na MR, poucos indivíduos foram registrados e em horários alternados, enquanto que na MA, foi abundante das 8:00 às 16:00.

Phoebis neocypris neocypris (Hübner, [1823]) (Pieridae), como a espécie anterior, foi mais abundante na MA, entretanto foi registrada em todas as estações em ambos locais. Na MR seu pico de abundância foi às 11:00 na primavera. Na MA, no inverno e no outono foi às 13:00 e na primavera e verão foi abundante ao longo de quase todo o dia.

Milanion leucaspis (Mabille, 1878) (Hespeiidae) foi pouco abundante em ambos locais. Na MR, ocorreu principalmente pela manhã no verão e, no outono, seu pico de abundância foi às 14:00. Na MA, durante o outono, teve um pico pela manhã, mas foi registrada em maior quantidade das 13:00 às 14:00.

A temperatura média e a umidade relativa do ar média medidas *in situ* em cada formação vegetal, e ao longo do dia, são sumarizadas, sazonalmente, na Figura 8, evidenciando as diferenças encontradas. Na MR, em todas as estações as médias de temperatura foram mais elevadas do que na MA. A menor diferença, na variação deste parâmetro ao longo do dia, entre as formações vegetais, ocorreu no inverno. Percebe-se também que na MR, depois de atingir o valor máximo, a temperatura tende a se manter elevada por mais algumas horas e decai suavemente em direção ao fim da tarde, enquanto que na MA, com exceção do outono, a partir das 14:00 a temperatura diminui de forma acentuada.

Os principais resultados da CCA para os dois primeiros eixos canônicos (Tabela 2) indicam que estes explicaram juntos 89,5% da variância total na assembleia de borboletas na MR e 75,7% na MA. Na MR, os coeficientes de correlação para os dois primeiros eixos foram 0,81 e 0,73 respectivamente, sugerindo uma forte relação entre as subfamílias e as variáveis analisadas. Os coeficientes de correlação entre os eixos de ordenação e as variáveis abióticas resultaram em uma correlação maior do eixo um com o vento ($r = 0,62$) e do eixo dois com a temperatura ($r = -0,20$). O diagrama de ordenação da CCA mostra um gradiente diário na primavera relacionado com o aumento na velocidade do vento. As temperaturas mais baixas aparecem associadas aos horários das 8:00, 16:00 e 17:00 no inverno (Figura 9). As subfamílias Pyrrhopyginae, Hesperinae, Papilioninae e Danainae se associam a condições de vento forte. As subfamílias Polyommatainae, Theclinae e Cyrestinae se associam a temperaturas mais amenas, à alta umidade e pouco vento. Espécies de Satyrinae, Heliconiinae e Apaturinae estão relacionadas a temperaturas mais altas, mas também a maiores percentuais de umidade relativa do ar.

Na MA, os coeficientes de correlação para os dois primeiros eixos foram 0,78 e 0,75 respectivamente, sugerindo mais uma vez uma forte relação entre as subfamílias e as variáveis analisadas (Tabela 2). O eixo um se correlacionou mais fortemente com a temperatura ($r = -0,27$). Por outro lado, as três variáveis também se relacionaram fortemente com o eixo dois, especialmente, o vento ($r = 0,43$). Para a MA, o diagrama de ordenação da CCA demonstra um gradiente sazonal, com as estações agrupadas ao longo do eixo um (Figura 10), aquele que sozinho explicou um percentual maior de variação (64,5%). No verão, principalmente às 17:00, 16:00 e 8:00, o vento esteve mais forte. Biblidinae e Danainae estiveram mais associadas a esta condição. Hesperinae se associou a temperaturas mais altas, Charaxinae a temperaturas mais baixas e Pyrginae, a umidade mais elevada.

Discussão

A segregação temporal influencia as comunidades uma vez que permite interações inter e intraespecíficas (Rutowski et al. 1994; DeVries et al. 2008). Embora os padrões de atividade diária, por vezes, sejam relatados em borboletas (Konvicka et al. 2002; Ide 2004; Peixoto e Benson 2009), poucos estudos foram desenvolvidos para descrever e compreender como os organismos dividem suas atividades ao longo do dia. Através do presente estudo ficou demonstrado que há variação na segregação da atividade diária entre borboletas que ocorrem simultaneamente em um determinado ambiente. Diferenças significativas foram registradas em relação a riqueza e a abundância das assembleias ao longo do dia, de uma maneira geral, e também ao longo do dia sazonalmente.

Marchiori e Romanowski (2006) verificaram que o período de maior atividade para a maioria das borboletas presentes na Mata de Restinga do PEI foi entre 09:00 e 11:00, sendo o pico de riqueza e abundância às 11:00. O estudo aqui apresentado ampliou a extensão espacial e temporal do trabalho supra citado, realizando observações em duas áreas de MR e ao longo de dois anos, entretanto os resultados obtidos são semelhantes. Na MR, a assembleia de borboletas predominou no período compreendido entre 9:00 e 12:00, principalmente em termos de riqueza de espécies, e o pico, tanto para a riqueza como para a abundância foi, novamente, às 11:00. Na MA, por outro lado, a distribuição da assembleia ao longo do dia se concentrou em torno dos horários mais quentes, entre 11:00 e 13:00 (Figura 8).

Em relação ao número de indivíduos, chama atenção que os picos de abundância ocorrem, sucessivamente, uma hora mais tarde na MA do que na MR. Sugere-se que este fato esteja relacionado às diferenças registradas na temperatura ao longo do dia entre as duas formações vegetais (Figura 8). Na MA, a temperatura declina a partir das 14:00,

enquanto que na MR, se mantém elevada até as 15:00, diminuindo gradativamente a partir deste horário. As temperaturas continuamente elevadas na MR devem potencializar o calor a que este ambiente está sujeito devido a sua fisionomia aberta e solo arenoso, tornando o risco de dessecação, a partir das 13:00, forte demais para a permanência em atividade de diversas espécies de borboletas.

Tanto na MR como na MA, o primeiro horário da manhã (8:00) e os dois últimos horários da tarde (16:00 e 17:00), apresentaram os menores valores para riqueza e abundância, diferindo significativamente da maioria dos outros horários, mesmo em diferentes estações do ano. Mais uma vez, este fato está relacionado com a temperatura. Nestes horários, principalmente o primeiro da manhã, sempre foram registradas as menores temperaturas em ambos locais de estudo.

Quando a variação ao longo do dia e das estações do ano (Figura 3) é contrastada com os resultados obtidos por famílias de borboletas (Figura 2), observa-se que os valores totais foram fortemente influenciados pela distribuição temporal das famílias mais abundantes. Os picos de riqueza de Nymphalidae e de Hesperidae, na MR, determinaram os picos observados para este parâmetro no outono e na primavera, na mesma localidade. Na MA, isto acontece para as mesmas famílias e estações, porém também influenciam claramente os picos de riqueza entre 10:00 e 14:00 registrado no verão. Quando se adiciona o critério da abundância, as relações antes observadas se diluem, mas mesmo assim, ainda é possível perceber a influência de Nymphalidae na distribuição geral de abundância no outono, tanto na MR como na MA.

Na MR muitos representantes das mesmas subfamílias estiveram ativos ao longo do dia e das estações do ano, mas na primavera destacam-se os Hesperinae. Nesta estação do ano, ocorre a floração de uma árvore nativa o tarumã (*Vitex megapotamica*, Verbenaceae) cujas flores são extremamente atrativas para *Wallengrenia premnas* (Wallengren, 1860) e

Polites vibex catilina (Plötz, 1886). Observa-se que estas espécies aproveitaram este recurso ao máximo, permanecendo ativas desde as primeiras horas da manhã até o final da tarde. No inverno a atividade se concentrou em torno dos horários mais quentes e no verão a distribuição foi mais homogênea ao longo do dia, conforme já havida sido observado para estas estações e formação vegetal, por Marchiori e Romanowski (2006). Para o outono, entretanto, obteve-se um resultado diferente. Apesar de em ambos estudos esta ser a estação com maior abundância de borboletas na MR, Marchiori e Romanowski (2006) registraram um pico às 9:00 e outro, mais acentuado às 13:00. No presente estudo obteve-se um histograma em forma de pirâmide, com o pico de abundância concentrado entre 11:00 e 12:00 (Figura 4). Estas diferenças podem ser atribuídas a diversos fatores, entre eles à variações climáticas ou mesmo à disponibilidade de recursos alimentares, que podem variar de ano para ano (Brown 1992; Wikström et al. 2009) e merecem investigações mais detalhadas.

Na MA, a assembleia de borboletas variou em todas as estações, mas a distribuição ao longo do dia se concentrou principalmente entre 10:00 e 14:00. Mais uma vez o inverno se destaca por sua baixa riqueza e abundância e picos nos horários mais quentes do dia. Na primavera, há uma variação menor entre as abundâncias das subfamílias, sendo que Coliadinae, Nymphalinae, Papilioninae e Satyrinae estão presentes ao longo de quase todos os horários do dia. No outono chama a atenção o grande número de Riodininae. Isto se deve à presença abundante de machos de *Charis cadytis* Hewitson, 1866 que formam agrupamentos em áreas com vegetação ensolarada, esperando por uma oportunidade de acasalamento (Chaves, 2004).

As espécies analisadas ao longo do dia, individualmente, variaram seu pico de abundância ao longo das estações do ano, demonstrando com isto uma plasticidade temporal. Cada espécie apresentou sua peculiaridade, e se distribuiu de forma diferente ao

longo do tempo. Em comum, na MR, observa-se a tendência de atividade durante o período da manhã, principalmente até às 13:00. Na MA, o pico de atividade se concentrou entre 11:00 e 14:00, ou seja, nos horários mais quentes do dia, mesmo no verão. Em estudo anterior, realizado na MR, Marchiori e Romanowski (2006) observaram a atividade diária de *Dryas iulia alcionea* (Cramer, 1779) e *Ortilia ithra* (W. F. Kirby, 1990). Através do presente trabalho corrobora-se o observado para estas espécies. *D. iulia* manteve uma abundância elevada no outono e pico de atividade durante a manhã. *O. ithra*, foi mais abundante na primavera e no outono, também com pico de atividade durante a manhã. A diferença registrada no padrão de atividade diurna de diferentes espécies de borboletas merece consideração, uma vez que a sub-amostragem de espécies comuns, como as supra citadas, pode causar erros em resultados de monitoramentos. Se o padrão de atividade diurna de cada espécie é conhecido, pode haver um melhor ajuste nos horários utilizados em monitoramentos rápidos.

As formações vegetais estudadas permitiram registrar diferenças diárias na atividade das assembleias, que podem ter sido influenciadas pelos parâmetros climáticos abordados. Na MR, o resultado da CCA chama a atenção por mostrar uma forte associação entre o vento e a primavera. Nesta estação, com o passar das horas, o vento se tornou mais intenso. As subfamílias que apareceram associadas a esta situação são representadas, em geral, por indivíduos de tamanho médio a grande, com corpo forte. Os Pyrrhopyginae apresentam um voo veloz, os Danainae um voo mais lento, mas entre as borboletas desta subfamília destaca-se *Danaus erippus* (Cramer, 1775), registrada na MR e com relatos de migrações no hemisfério sul (Nuñez-Bustos, 2010). Já os Hesperiiinae são menores quando comparados às espécies das outras três subfamílias, entretanto, apresentam um voo muito rápido e vigoroso. O vento é um fenômeno que pode afetar o comportamento das borboletas. Estas podem se redistribuir espacialmente com o aumento na velocidade do

vento procurando abrigo (Dover et al 1997) e sua diversidade tende a aumentar em locais da paisagem mais abrigados por árvores ou arbustos (Rosin et al. 2011).

Ainda na MR, a CCA mostra que o aumento na temperatura pode ter restringido a atividade de uma parcela da assembleia de borboletas, principalmente a de Polyommatainae, Theclinae e Cyrestinae. De fato, a MR, como ambiente aberto e ensolarado, sujeito ao excesso de luz e calor, pode ter nas altas temperaturas um fator limitante para a atividade de diversas espécies. Por outro lado, a associação das temperaturas mais baixas com os horários das 8:00, 16:00 e 17:00 no inverno, esclarece em parte, a baixa diversidade registrada nestes horários.

Na MA, o diagrama de ordenação da CCA mostrou um claro gradiente sazonal, com as estações agrupadas ao longo do eixo um, aquele que sozinho explicou o maior percentual de variação (64,5%). Esta situação indica um forte caráter sazonal nos resultados obtidos, com as estações explicando melhor a distribuição temporal da assembleia de borboletas na MA. Os pontos de inverno estão agrupados em condições de baixas temperaturas e a medida que esta aumenta, agrupam-se os pontos representando as estações de outono e verão, onde também aparecem associadas a maioria das subfamílias amostradas. Chama a atenção que o outono aparece mais associado a situações de altas temperaturas e umidade, enquanto que no verão o vento se torna um fator importante. Os horários do dia elucidam a importância das baixas temperaturas às 8:00 e às 17:00 no inverno, como um fator limitante para a atividade de maior parte da assembleia de borboletas presente na MA. Apenas Charaxinae aparece associada a temperaturas mais baixas. Esta situação pode ser explicada por exemplares desta subfamília terem sido amostrados exclusivamente nesta estação e horários. O vento, mais uma vez, aparece como um fator ambiental importante a ser considerado na dinâmica temporal das assembleias de borboletas.

Entender os padrões de variação temporal dos organismos que respondem rapidamente a mudanças no ambiente pode ser uma ferramenta valiosa em ações de manejo e conservação. Através do presente estudo verificou-se variação na riqueza e abundância de borboletas ao longo do dia e do ano. A segregação temporal foi fortemente influenciada pela temperatura e o vento desempenhou um papel importante na dinâmica de ocupação dos ambientes abordados. Nymphalidae e Hesperidae, famílias abundantes no Rio Grande do Sul, moldaram temporalmente as assembleias como um todo. Analisar as assembleias em uma escala taxonômica mais fina, como a de subfamília, permitiu verificar peculiaridades temporais ditadas pela biologia das espécies mais abundantes.

O horário das 10:00 às 16:00 comprovou ser efetivo para a maximização do registro de espécies no interior de matas, em ambos locais de estudo. Porém, se for necessário encurtar este período sugere-se que, sendo o trabalho em Matas de Restinga, sejam priorizados os horários da manhã, com amostragens até às 13:00 no inverno, verão e outono e até às 14:00 na primavera. Se o trabalho for realizado em Mata de Araucária, sugere-se que as amostragens sejam realizadas a partir das 10:00 e se estendam até às 14:00, em qualquer estação do ano.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas do Laboratório de Ecologia de Insetos pela ajuda ao longo do trabalho. À Edenice B.A. de Souza e Jairo Schwantz pelo apoio durante os trabalhos de campo. Aos doutores André V.L. Freitas, Curtis Callaghan, Olaf H.H. Mielke, Ronaldo B. Francini e à Alfred Moser, pelas identificações de diversas borboletas. Ao CNPq pelo apoio financeiro (Processo 472175/2007-6) e bolsa concedida para M.O. Marchiori e H.P. Romanowski (Processos 141027/2007-0 e 308292/2007-3). As amostragens foram realizadas com a Autorização para Atividades Científicas nº 13624-1,

fornecida pelo IBAMA e com o Registro nº 251 fornecido pela DUC/SEMA-RS. Contribuição nº ___ do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Referências

- Backes A. 2009. Distribuição geográfica atual da Floresta com Araucária: condicionamento climático. In: Fonseca CR, Souza AF, Leal-Zanchet AM, Dutra T, Backes A, Ganado G, Editores. *Floresta com Araucária. Ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável*, pp. 39-44. Holos.
- Berwaerts K, Van Dyck H. 2004. Take-off performance under optimal and suboptimal thermal conditions in the butterfly *Pararge aegeria*. *Oecologia* 141: 536-545.
- Brack P, Rodrigues RS, Sobral M, Leite SLC. 1998. Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 51: 139-166.
- Brower JE, Zar J, Von Ende C. 1990. Field and laboratory methods for general ecology. W.C. Brown.
- Brown KS. 1972. Maximizing daily butterfly counts. *Journal of the Lepidopterists Society* 26(3): 183-196.
- Brown KS. 1992. Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. In: Morellato LPC, Organizador. *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*, pp. 142-186. UNICAMP/FAPESP.
- Chaves GW. 2004. Ecologia de agrupamentos e interações agonísticas na borboleta *Charis cadytis* (Riodinidae). Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Brazil.

- DeVries PJ. 1987. *The butterflies of Costa Rica and their natural history. Vol. I: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae*. Princeton University Press.
- DeVries PJ. 1997. *The butterflies of Costa Rica and their natural history. Vol. II: Riodinidae*. Princeton University Press.
- DeVries PJ, Austin GT, Martin NH. 2008. Diel activity and reproductive isolation in a diverse assemblage of Neotropical skippers (Lepidoptera: Hesperiiidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 94: 723-736.
- DeVries PJ, Walla TR. 2001. Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society* 74(1): 1-15.
- Dover JW, Sparks TH, Greatorex-Davies JN. 1997. The importance of shelter for butterflies in open landscapes. *Journal of Insect Conservation* 1:89-97
- Freitas AVL, Benson WW, Marini-Filho OJ, Carvalho RMC. 1997. Territoriality by the dawn's early light: the Neotropical owl butterfly *Caligo idomenaeus* (Nymphalidae: Brassolinae). *Journal of Research on the Lepidoptera* 34(1-4): 14-20.
- Freitas AVL, Francini RB, Brown Jr KS. 2003. Insetos como indicadores ambientais. In: Cullen Jr L, Rudran R, Valladares-Padua C, ORGANIZADORES. *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*, pp. 125-151. UFPR, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza.
- Fullard JH, Ortero LD, Orellana A, Surlykke A. 2000. Auditory sensitivity and diel flight activity in Neotropical Lepidoptera. *Annals of the Entomological Society of America* 93: 956-965.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. Paleontological statistics software for education and data analysis - PAST. Versão 2.12. <http://folk.uio.no/ohammer/past>.

- Ide JY. 2004. Diurnal and seasonal changes in the mate-locating behavior of the satyrine butterfly *Lethe diana*. *Ecological Research* 19: 189-196.
- Konvicka M, Benes J, Kuras T. 2002. Microdistribution and diurnal behaviour of two sympatric mountain butterflies (*Erebia epiphron* and *E. euryale*): relations to vegetation and weather. *Biologia* 57(2): 223-233.
- Lamas G. 2004. Atlas of Neotropical Lepidoptera: checklist, part 4A, Hesperioidea and Papilionoidea. Association for Tropical Lepidoptera and Scientific Publishers.
- Manly BFJ. 1986. Multivariate Statistical Methods – A Primer. Chapman and Hall.
- Marchiori MO, Romanowski HP. 2006. Species composition and diel variation of a butterfly taxocene (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in a restinga wood at Itapuã State Park, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23(2): 443-454.
- McCune B, Mefford MJ. 1999. PC-ORD multivariate analysis of ecological data. Versão 4.01. MJM Software Design.
- Melo PN, Gimenes M, Neto AO. 2009. Daily activity patterns of visits by males of four species of *Eulaema* (Apidae: Euglossina) to odor baits in a tropical forest fragment in Bahia, Brazil. *Zoologia* 26(2): 204-212.
- Mielke OHH. 2005. Catalogue of the American Hesperioidea: HesperIIDae (Lepidoptera). Sociedade Brasileira de Zoologia. Vol. 1. Complementary and supplementary parts to the checklist of the Neotropical region; Hesperioidea, HesperIIDae, Pyrrhopiginae. Sociedade Brasileira de Zoologia.
- Nimmer E. 1990. Clima. In: *Geografia do Brasil Região Sul*, pp. 151-187. Fundação Instituto de Geografia e Estatística/IBGE.
- Norusis MJ. 2000. SPSS 10.0 Guide to data analysis. Versão 10.0. Prentice Hall.

- Núñez-Bustos E. 2010. Mariposas de la ciudad de Buenos Aires y alrededores. Vázquez Mazzini.
- Peixoto PEC, Benson WW. 2009. Seasonal effects of density on territory occupation by males of the satyrine butterfly *Paryphthimoides phronius* (Butler 1867). *Journal of Ethology* 27: 489-496.
- Pollard E. 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological Conservation* 12(2): 115-134.
- Pozo C, Luis-Martínez A, Llorente-Bousquets J, Salas-Suárez N, Maya-Martínez A, Vargas-Fernández I, Warren AD. 2008. Seasonality and phenology of the butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) of Mexico's Calakmul region. *Florida Entomologist* 91: 407-422.
- Ribeiro DB, Freitas AVL. 2011. Large-sized insects show stronger seasonality than small-sized ones: a case study of fruit-feeding butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society* 104, 820-827.
- Rosin ZM, Myczko L, Skorka P, Lenda M, Moron D, Sparks TH, Tryjanowski P. 2011. Butterfly responses to environmental factors in fragmented calcareous grasslands. *Journal of Insect Conservation* 15: 207-220.
- Rutowski RL, Demlong MJ, Leffingwell T. 1994. Behavioural thermoregulation at mate encounter sites by males butterflies (*Asterocampa leilia*, Nymphalidae). *Animal Behaviour* 48: 33-841.
- Scott JA. 1975. Flight patterns among eleven species of diurnal Lepidoptera. *Ecology* 56: 1367-1377.
- Shapiro AM, VanBuskirk R, Kareofelas G, Patterson WD. 2003. Phenofaunistics: seasonality as a property of butterfly faunas. In: BOGGS CL, WATT WB, EHRLICH PR,

Editores. *Butterflies. Ecology and evolution taking flight*, pp.111-147. The University of Chicago Press.

Sokal RR, Rohlf FJ. 1981. *Biometry*. W.H. Freeman and Company.

Spitzer K, Jaros J, Havelka J, Leps J. 1997. Effect of small-scale disturbance on butterfly communities of an Indochinese montane rainforest. *Biological Conservation* 80(1): 9-15.

Srygley RB. 1994. Shivering and its cost during reproductive behaviour in Neotropical owl butterflies, *Caligo* and *Opsiphanes* (Nymphalidae: Brassolinae). *Animal Behaviour* 47(1): 23-32.

Stoutjesdijk PH, Barkman JJ. 1992. *Microclimate: vegetation and fauna*. Opulus Press.

Ter Braak CJF. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67(5): 1167-1179.

Wahlberg N, Leneveu J, Kodandaramaiah U, Peñas C, Nylin S, Freitas AVL, Brower AVZ. 2009. Nymphalid butterflies diversify following near demise at the cretaceous/tertiary boundary. *Proceedings of the Royal Society B* 276, 4295-4302.

Wikström L, Milberg P, Bergman, K. 2009. Monitoring of butterflies in semi-natural grasslands: diurnal variation and weather effects. *Journal of Insect Conservation* 13: 203-211

Zanetti R., Vilela EF, Zanuncio JC, Moura JIL. 1996. Ritmo de atividade diária de vôo de *Brassolis sophorae* (L., 1758) (Lepidoptera, Nymphalidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 40(2): 245-248.

Tabela 1. Matriz de significância para a abundância de borboletas por horários do dia na Mata de Restinga (MR) (metade inferior direita) e na Mata de Araucária (MA) (metade superior esquerda). Comparações *a posteriori* através do teste de Mann-Whitney dois-a-dois, com correção de Bonferroni. Valores em negrito indicam diferenças significativas.

| Locais | Horários | MA | | | | | | | | | |
|--------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 |
| MR | 8:00 | | 0.039 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.126 | 1 | 0.001 |
| | 9:00 | 0.122 | | 0.086 | 0.158 | 0.017 | 0.094 | 1 | 1 | 0.040 | 0.001 |
| | 10:00 | 0.001 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.079 | 0.001 | 0.001 |
| | 11:00 | 0.001 | 0.120 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 0.130 | 0.001 | 0.001 |
| | 12:00 | 0.001 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 0.016 | 0.001 | 0.001 |
| | 13:00 | 0.002 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 0.070 | 0.001 | 0.001 |
| | 14:00 | 0.002 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 0.001 | 0.001 |
| | 15:00 | 0.913 | 1 | 1 | 0.012 | 1 | 1 | 1 | | 0.129 | 0.001 |
| | 16:00 | 1 | 0.251 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | 0.004 | 1 | | 0.001 |
| | 17:00 | 1 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.003 | 1 | |

Tabela 2. Principais resultados da análise de correspondência canônica (CCA) para as subfamílias de borboletas nos locais de estudo ao longo do dia e estações do ano.

| | Mata de Restinga | | Mata de Araucária | |
|------------------------------------|------------------|--------|-------------------|--------|
| | Eixo 1 | Eixo 2 | Eixo 1 | Eixo 2 |
| Eigenvalue | 0,180 | 0,014 | 0,098 | 0,034 |
| Percentual de variância explicado | 82,1 | 7,4 | 64,5 | 11,2 |
| % cumulativa explicada | 82,1 | 89,5 | 64,5 | 75,7 |
| Inércia (variância total) | 0,035 | | 0,015 | |
| Correlação de Pearson (<i>r</i>) | 0,810 | 0,730 | 0,778 | 0,747 |
| <i>P</i> (monte Carlo) | 0,001 | 0,004 | 0,001 | 0,002 |
| Biplots de correlações intra-set | | | | |
| Temperatura | 0,17 | -0,20 | -0,27 | 0,38 |
| Umidade | -0,29 | -0,06 | -0,04 | 0,26 |
| Vento | 0,62 | -0,10 | 0,10 | 0,43 |

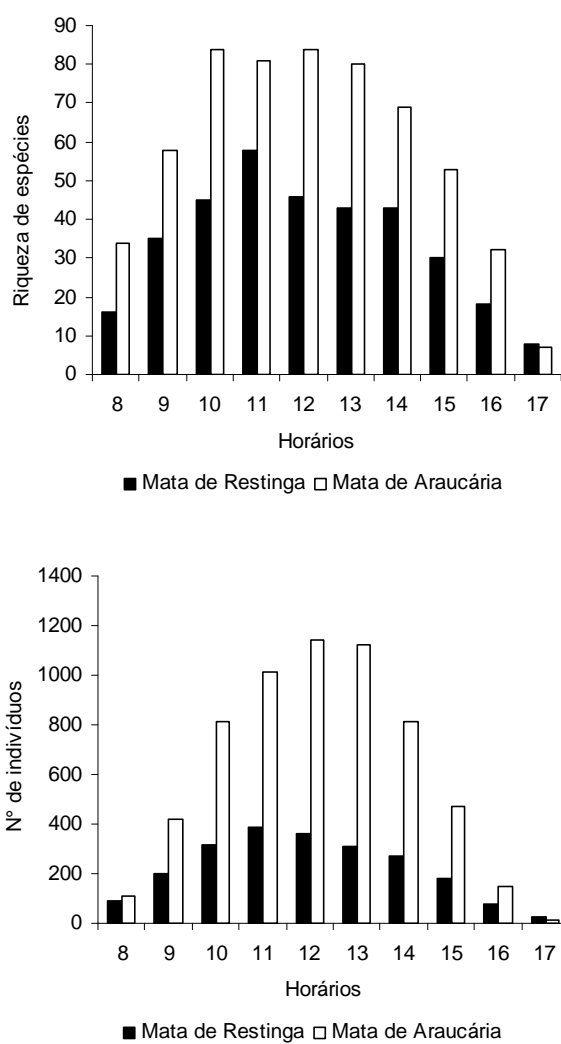


Figura 1. Riqueza e abundância de borboletas ao longo do dia na Mata de Restinga e na Mata de Araucária.

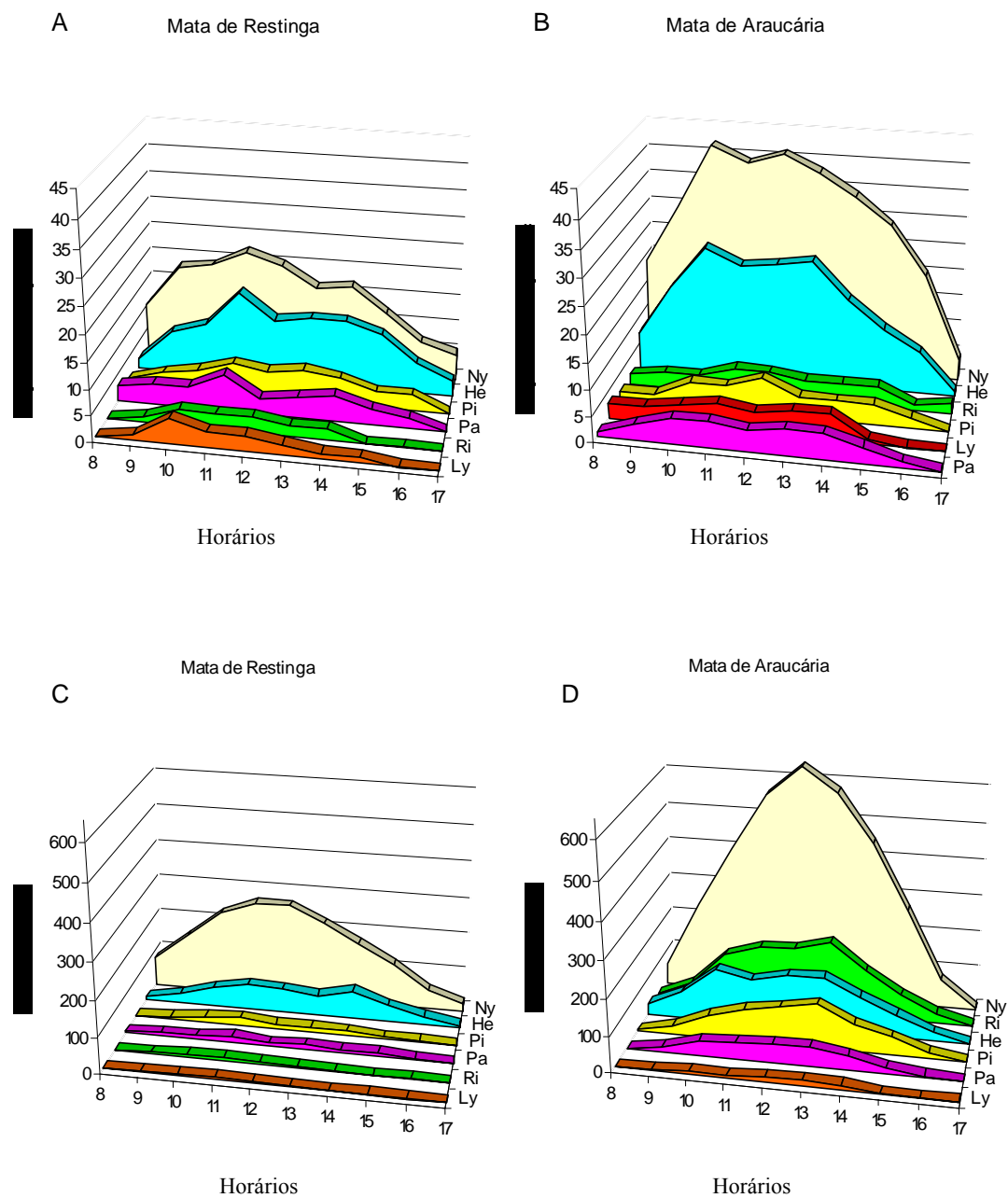


Figura 2. Riqueza (A e B) e abundância (C e D) por famílias de borboletas ao longo do dia na Mata de Restinga e na Mata de Araucária. He: Hesperidae, Ly: Lycaenidae, Ny: Nymphalidae, Pa: Papilionidae, Pi: Pieridae, Ri: Riodinidae.

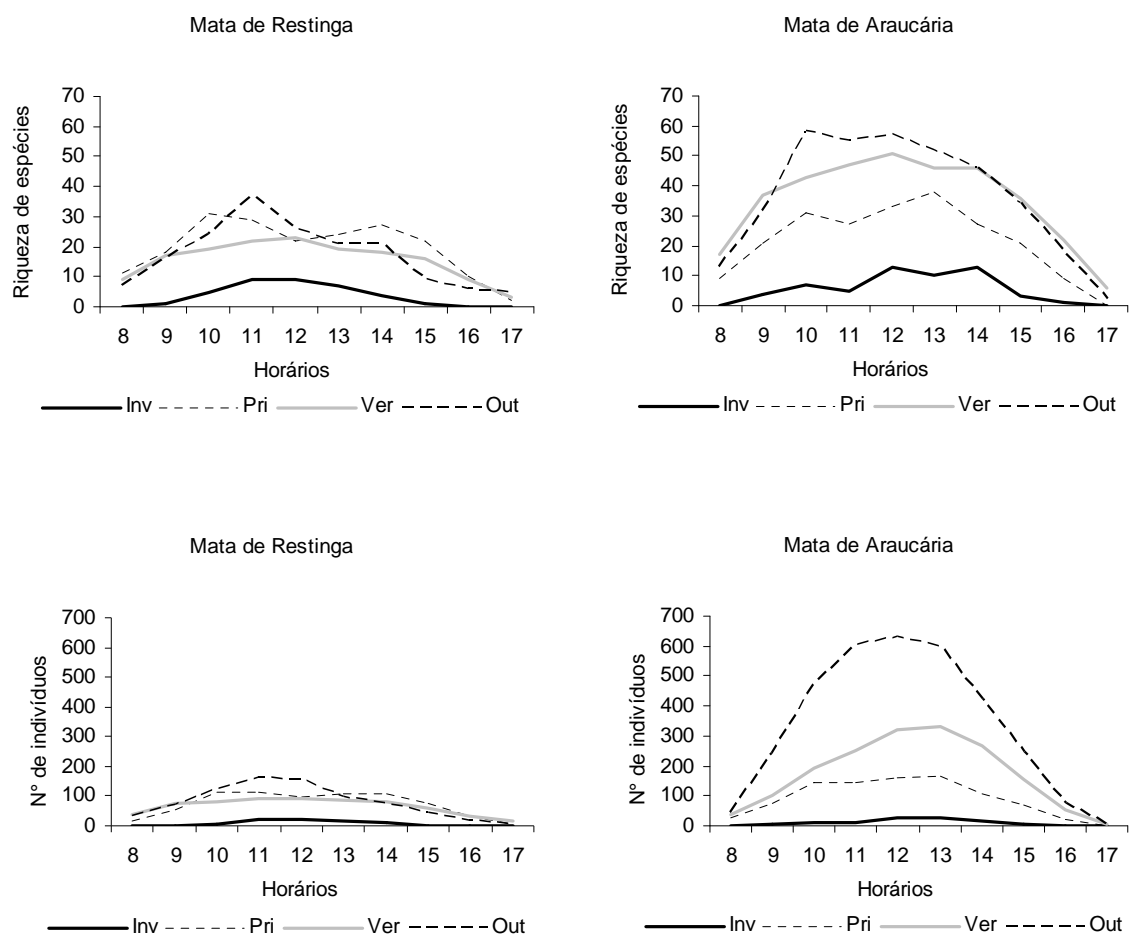


Figura 3. Riqueza e abundância de borboletas ao longo do dia, sazonalmente, na Mata de Restinga e na Mata de Araucária. Inv: inverno, Pri: primavera, Ver: verão, Out: outono.

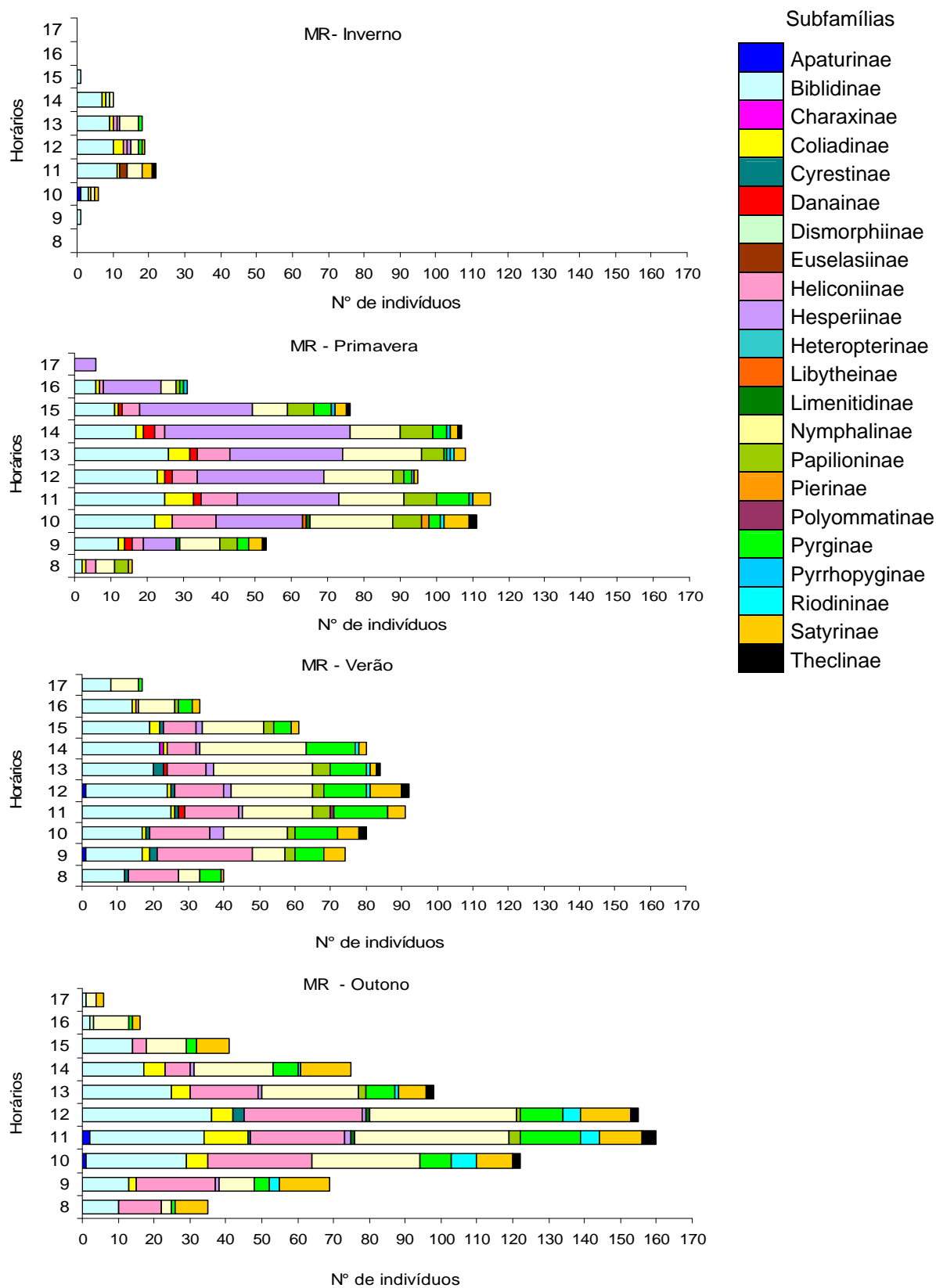


Figura 4. Abundância por subfamília de borboletas e sua distribuição ao longo do dia e estações do ano na Mata de Restinga (MR), entre julho de 2007 e maio de 2009.

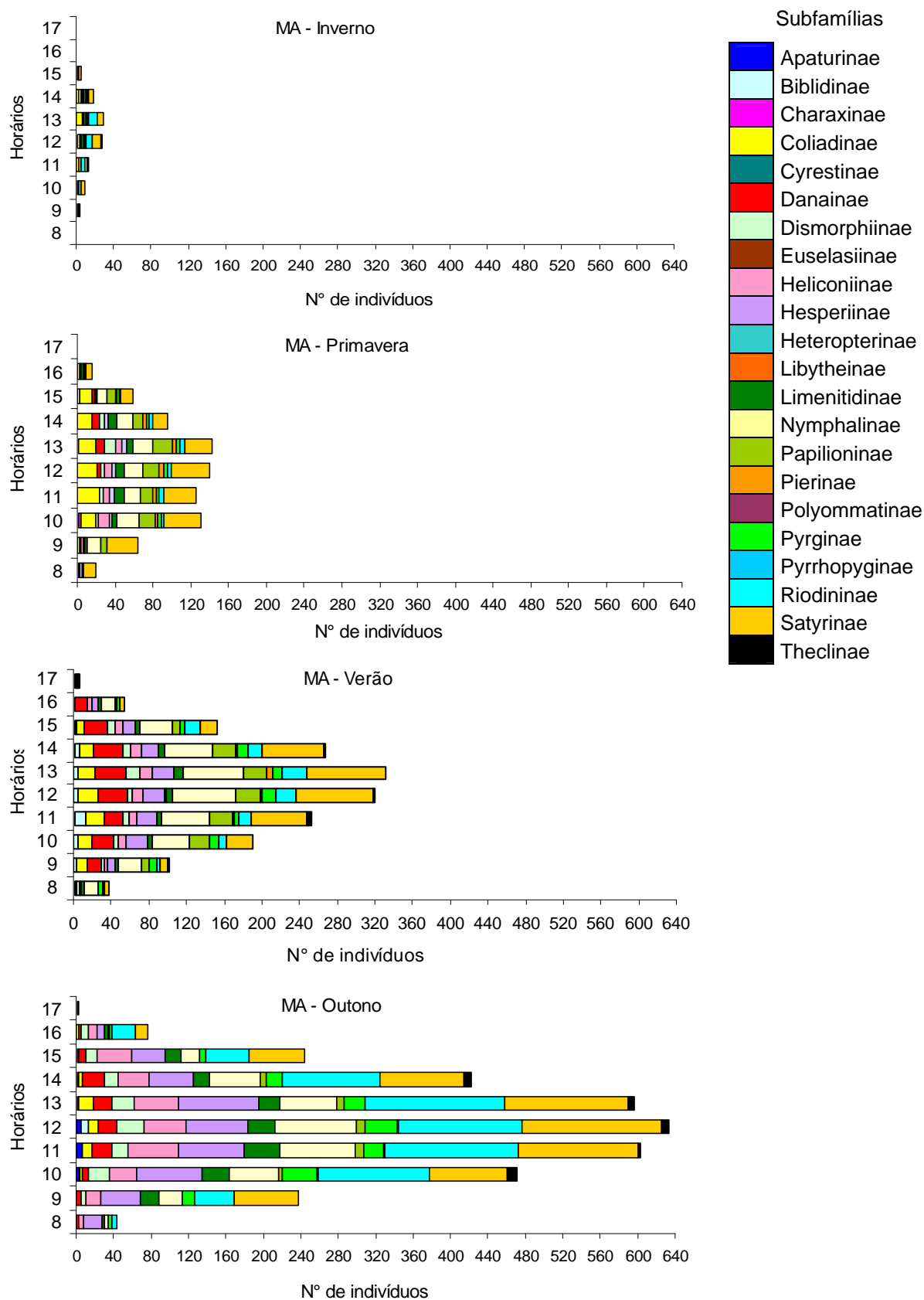


Figura 5. Abundância por subfamília de borboletas e sua distribuição ao longo do dia e estações do ano na Mata de Araucária (MA), entre julho de 2007 e maio de 2009.

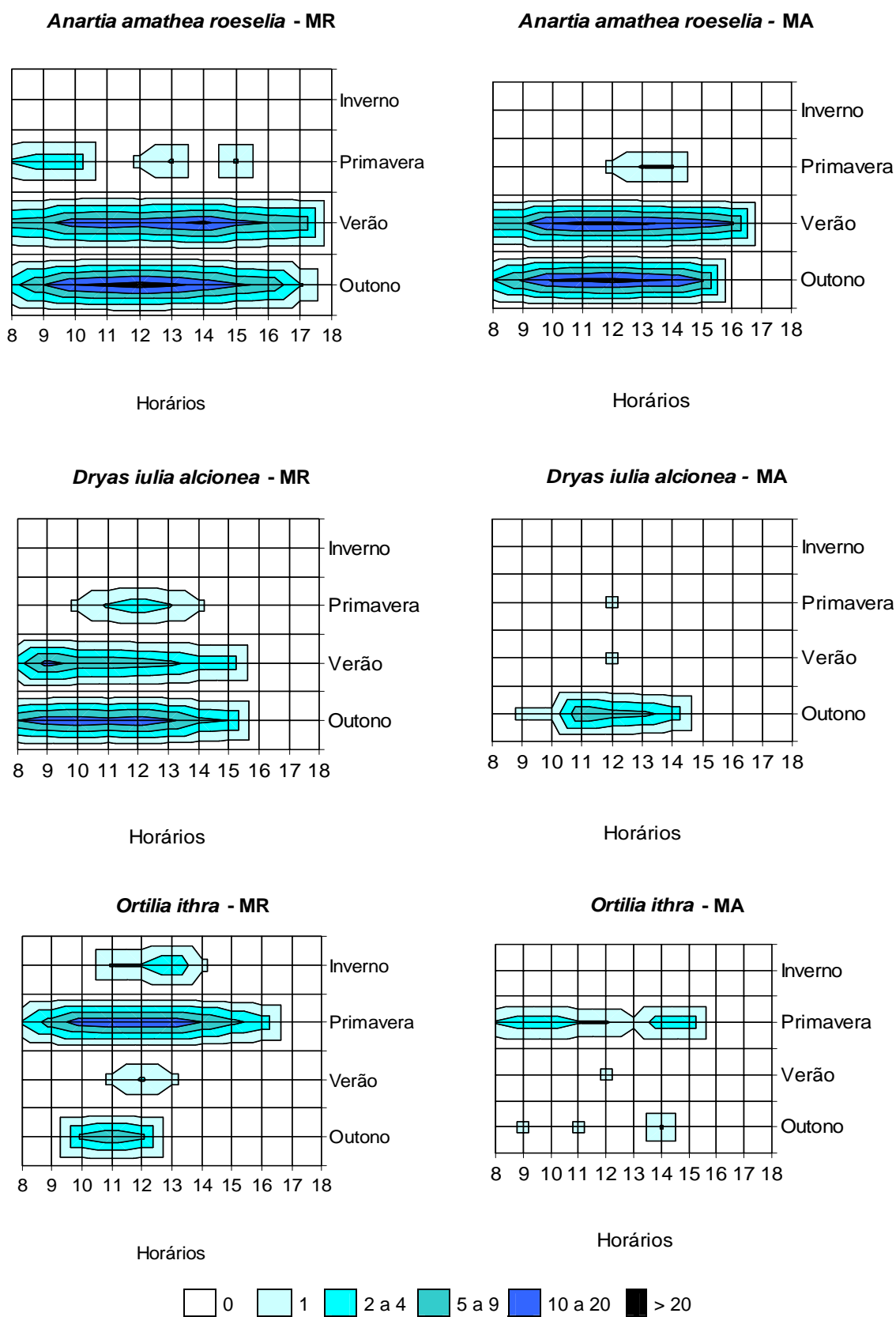


Figura 6. Densidade e distribuição ao longo do dia e das estações de espécies de borboletas abundantes na Mata de Restinga (MR) e na Mata de Araucária (MA), entre julho de 2007 e maio de 2009.

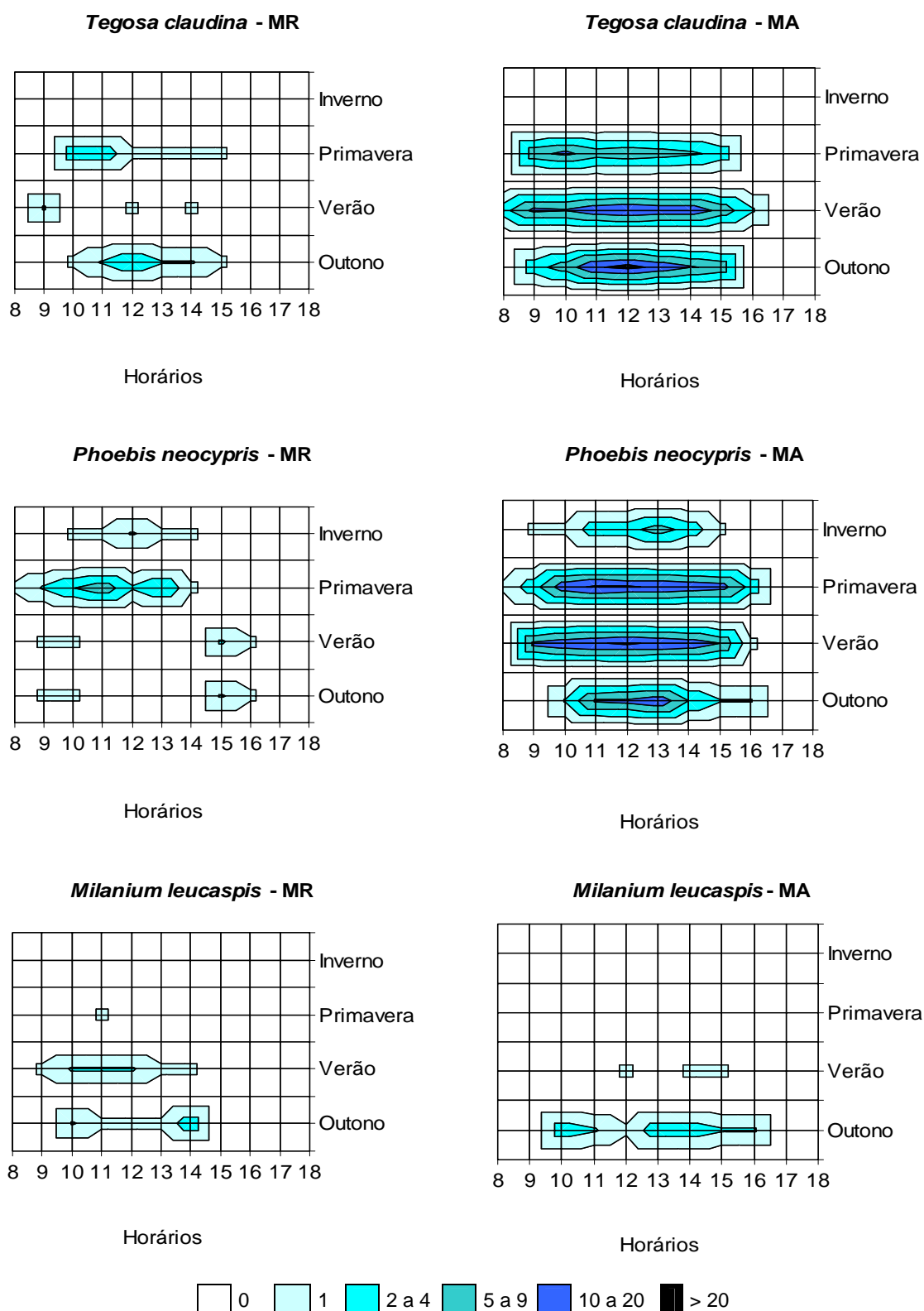


Figura 7. Densidade e distribuição ao longo do dia e das estações de espécies de borboletas abundantes na Mata de Restinga (MR) e na Mata de Araucária (MA), entre julho de 2007 e maio de 2009.

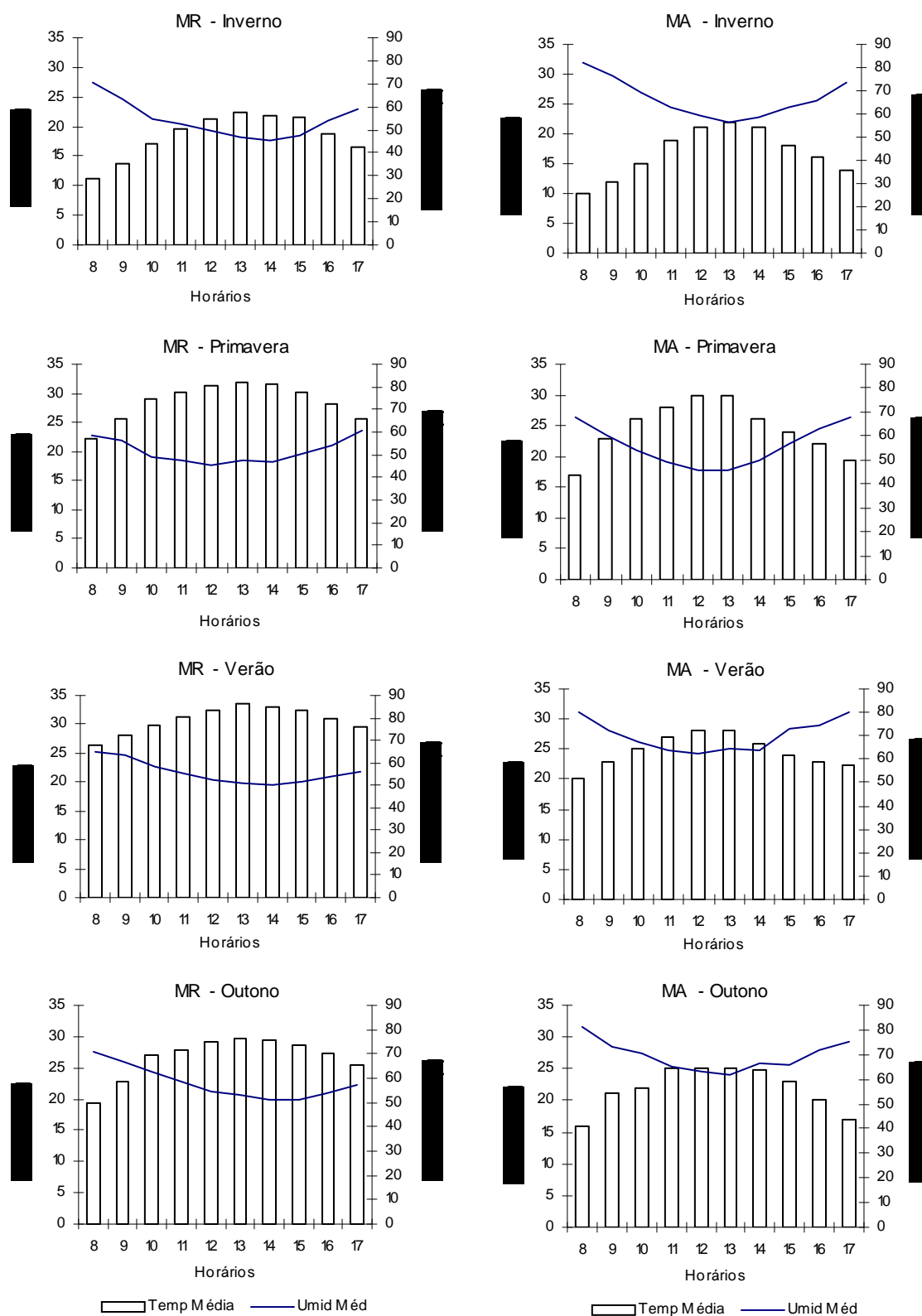


Figura 8. Temperatura média (Temp Média) e umidade relativa do ar (Umid Méd) medidas *in situ* e ao longo do dia na Mata de Restinga (MR) e na Mata de Araucária (MA).

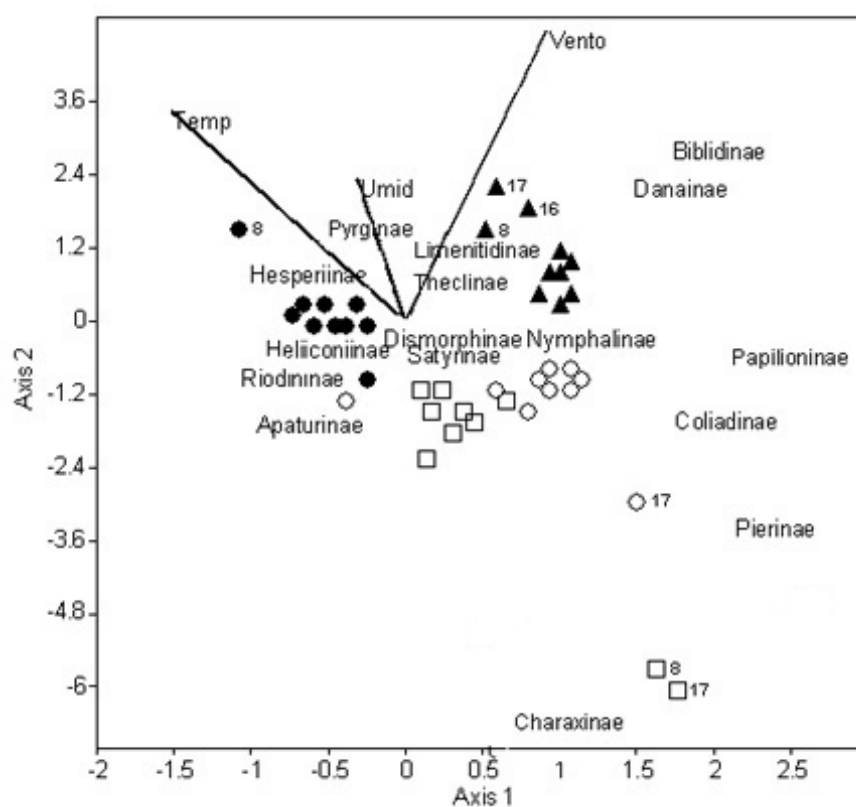


Figura 10. Diagrama de ordenação da CCA para as subfamílias de borboletas na Mata de Araucária, ao longo do dia (8:00 às 17:45) e das estações do ano em relação às variáveis ambientais (temperatura máxima, umidade relativa do ar média e velocidade do vento). □: inverno, ○: primavera, ▲: verão, ●: outono.

6.4. Artigo 4

Manuscrito submetido para *Methods in Ecology and Evolution*

Sampling efficiency in butterfly identification in two contrasting forest habitats of southern Brazil

Maria Ostilia Marchiori^a

^aLaboratório de Ecologia de Insetos, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brazil.

Helena Piccoli Romanowski^a

^aLaboratório de Ecologia de Insetos, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brazil.

Milton de Souza Mendonça Jr^b

^bDepartamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brazil.

Corresponding author: Maria Ostilia Marchiori

Rua Veador Porto nº 222 ap. 803, Porto Alegre, 90610-200, RS, Brazil.

E-mail: mariosti2@hotmail.com, Tel.: + 55 51 3308 7702, Fax: + 55 51 3308 7696

Running title: Efficiency in butterfly identification

Word count: 6,524

Summary

1. Butterflies are highly diverse in the Neotropics. In order to properly survey them the use of an efficient sampling protocol is a necessity. In this study, we assessed the sampling efficiency in butterfly identification to species level when using direct search and entomological net during scan surveys.
2. We carried out two field expeditions per season, along two years, in areas of Restinga Forest and Araucaria Moist Forest, southern Brazil. Butterflies were sampled from 08:00 to 17:45 h. The species were identified and the number of individuals quantified. Butterflies for which identification to species could not be performed were also quantified and allocated to its genus, tribe, subfamily, family or suborder.
3. Our results indicate that the efficiency in the identification was high, both by sampling occasions and by periods of the day. The rate of individuals not identified to species and the density of butterflies was not correlated. Those butterflies in which no identification better than Rhopalocera was possible were in fact significantly less frequent than expected by chance. Among those with $N > 5$, the genus *Actinote* Hübner, [1819], was the only one with losses higher than 16% and only for the Araucaria Moist Forest.
4. The period between 10:00 and 16:00 was well suited to sample all species throughout the study in both locations.
5. In spite of the contrast between the plant communities, and the difference in the composition of its butterfly fauna, it was possible to record the level of bias of the employed technique at both study sites.

Key-words: Araucaria, bias, detectability, Lepidoptera, restinga, scan sampling, species recording, survey

Introduction

Surveying butterflies in the Neotropical region is a challenging task due to the large diversity found in most habitats (Lamas 2008; Bonebrake *et al.* 2010). For a representative portion of this fauna to be recorded, it is necessary not only to choose the most efficient sampling protocols, but also to quantify its efficiency. Adult butterflies may be recorded through entomological nets or baited traps. These techniques, when combined to different sampling methods, such as directed search or transects, allow for comparisons of values of richness and abundance regarding several species of butterflies (Pozo *et al.* 2005).

Every sampling protocol presents its own intrinsic limitations (Walpole & Sheldon 1999), which may lead to biased inferences in the research results (Harker & Shreeve 2008). Sampling bias may occur when the sample does not include all groups of interest in the population (Bonar *et al.* 2011). For samples to properly represent the reality of the organisms under study it is necessary that the inaccuracy, introduced through the sampling process itself, could be recognizable. This bias should be of such a magnitude so as not to invalidate the results of the task. On the other hand, when appropriate protocols are used, a level of bias may be calculated from the detailed results of the sampling itself (Yates 1981).

A main concern in butterfly inventories is the identification of organisms in the field to the level of species. Visual identification of adults at flight can be affected by the morphology and behaviour of butterflies (Dennis *et al.* 2006). In environments with high diversity, these aspects can be particularly relevant for those species with inconspicuous external morphological characteristics, such as many Hesperidae (Mielke *et al.* 2008). Other species, even with coloured wings, may be difficult to survey, for a series of reasons: a) having a small body size, as many Lycaenidae; b) being active only during a certain period of the day, as many Riodinidae; or c) because they form mimicry rings, as some

species of Nymphalidae (Brown 1992; Caldas & Robbins 2003; Francini & Penz, 2006). The experience of the researcher is essential to minimize this type of error (Bonar *et al.* 2011), but still some specimens will be missed. No actual study could ever thoroughly sample all species but a good sampling procedure would include some way to assess how much is missed and how the sampling bias is distributed across the taxa and habitats (Dennis *et al.* 2006). The use of supra-specific taxa such as genus and family may represent an alternative for the estimation and comparison of the diversity between different locations, especially when a large part of the sample is composed by species of difficult identification (Williams & Gaston 1994). However, valuable information may be overlooked when dealing with higher taxonomic levels.

Another important concern when conducting a survey is detectability, that is, differentiate between a species real absence and its false absence. False absences occur when a species is actually present but is overlooked (Pellet 2008). Such discrepancy between what can be found in an inventory (the non-detection of certain species) and the biological reality (the real absence of species at the study site) can be a hazard to the accuracy of any given research (Kery & Plattner 2007). Aspects such as the time of the day the sampling is carried out, associated to the knowledge on the diel activity patterns of species, may help elucidate such differences.

Studies evaluating butterfly sampling methods have been developed in the past few years (Caldas & Robbins 2003; Pozo *et al.* 2005; Harker & Shreeve 2008) although most of them has analysed the use of the “Pollard Walk” transect method (Pollard 1977). A limitation to apply this method in tropical environments was found to be the difficulty of specific identification of some butterflies (Walpole & Sheldon 1999). No study, nevertheless, tested the intrinsic bias of the methodology due to failure in the identification of butterflies to the level of species. In regions (or seasons) where (when) butterflies are

very abundant, one could speculate that the sheer density of individuals could be a complicating factor for the correct identification on the wing of all species present in a given sampling occasion. This premise, also, has hardly ever been confronted.

To study butterfly diel patterns of activity in southern Brazil, Marchiori and Romanowski (2006), adapted the technique of direct search combined to entomological net to the scan method. Questions arose about the technique employed particularly on how accurately the sample obtained represented the real species composition and abundance of the butterfly assembly and the adequacy of the time of the day at which the sampling were carried out.

This study aims at (i) measuring the sampling efficiency in the identification of butterflies to the species level when direct search, combined to the entomological net is used as a recording technique in a scan sampling methodology; (ii) verifying how the time of the day influences in the recording of species; (iii) investigating if the failure in species identification is related to the density of butterflies in the sampling area; (iv) verifying whether the success on species identification is related to butterfly taxon and in which level and (v) if these aspects vary between study sites with differing plant communities.

Materials and methods

STUDY SITES

Our study was carried out in two plant communities with contrasting environmental conditions in the southern region of Brazil: Restinga Forest and Araucaria Moist Forest.

Restingas are a coastal plain environment. In Brazil, restingas are considered by WWF an endangered ecoregion associated with the Atlantic Forest biome (Silva 2001a). Restinga Forests are xeric environments, developing on low water and nutrient availability,

high insolation and sandy soil. Plants show morphological adaptations to these conditions such as spines, microphylls and contorted stems (Dillenburg *et al.* 1992).

The Araucaria Moist Forest constitutes the main forest type on the highland plateau in southern Brazil at altitudes above 500 m. In the southern hemisphere, these coniferous forests are composed of mixed associations with one or two species of gymnosperms of temperate climate, such as *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae), and several trees of tropical origin (Backes 2009; Silva 2001b).

We selected two sample areas, with 2,500 m² each, in each plant community. The areas of Restinga Forest (RF) are located in the Itapuã State Park (30°2'S, 51°2'W), in Viamão municipality. The climate in the region is mesothermic, without a dry season and with hot summers (Arend 1990). The annual mean temperature is 17.5 °C and rainfall reaches 1,300 mm annually. In the Itapuã State Park, the RF areas have thick and thorny xerophytic vegetation interspersed with open environments that are prone to desiccation. The height of the canopy varies from 6 to 15 metres (Brack *et al.* 1998).

The areas of Araucaria Moist Forest (AF) are located in the São Francisco de Paula National Forest (29°3'S, 50°2'W), at 912 m, in São Francisco de Paula municipality. The regional climate is mesothermic, without a dry season but with cool summers and cold winters. The annual mean temperature in the region is 14.5 °C, and the annual mean pluviosity is high, at about 2,252 mm (Backes 2009). The AF canopy in this location may be as high as 45 metres

SAMPLING METHOD

We carried out two field expeditions per season and study site from July 2007 to May 2009, totalling 32 sampling occasions at each plant community.

For surveying butterflies, we adopted the scan observation method, modified from Marchiori and Romanowski (2006). This method consists in a comprehensive inspection of the sampling area in order to register the species present and quantify their abundance. The observations were carried out from 08:00 to 17:45 (local solar time) and were broken down into ten successive periods of 60 minutes, divided in 45 minutes to register the fauna and a 15-minute pause, totalling seven hours and 30 minutes of observations by working day. Each period of the day is referred to by the hour it has started (in the figures as well).

We recorded butterflies visually and with the aid of an entomological net. Many of the butterflies could be identified to species on the wing, but some of them had to be caught with the entomological net for identification. When the identification was not possible in the field, we took the individual to the laboratory. The identified individuals – whether visually or captured - were coded as “IS”.

Those butterflies that could not be identified on the wing to species and could not be caught were recorded at the level of genus, or tribe, or subfamily, or family, or suborder, that is, at the lowest possible taxonomic level of identification. We coded these butterflies as “NIS” (not identified to species). From here on we refer to the proportion of NIS in relation to the IS as the rate of “loss” in identification to species, and this should not be confused with the act of overlooking individuals in the field.

We follow the classification of Lamas (2004) and Mielke (2005). For the Nymphalidae family, we follow Wahlberg *et al.* (2009). The suborder level follows Lamas (2008). Voucher specimens are deposited at the Collection of Lepidoptera of the Zoology Department at UFRGS, Porto Alegre, Brazil.

DATA ANALYSIS

We analysed the sampling sufficiency through the cumulative number of new species observed in each study site by the successive sample occasions. Expected richness was estimated with Jackknife 1 and Jackknife 2, through the software EstimateS 8.2 (Colwell 2006). We chose these estimators due to its assumptions, the number of study sites and the species abundances. We also estimated the expected richness by each period of the day, using the same estimators and software.

To assess sampling efficiency we considered the total number of butterflies recorded (IS + NIS) comparatively to those in which identification to species was not possible (NIS), either visually, or because they could not be caught. In order to verify whether the sampling efficiency differed from one study site to the other we carried out a test of Independence. We considered that further comparisons between sites were not possible, as proportions of losses in identification were too low.

We carried out a correlation analysis between the rate of NISs and butterfly abundance (IS + NIS) by sampling occasion, separately for each family, subfamily, tribe and genus - where losses were recorded - and for the total obtained values from RF and AF. Proportions were arcsine transformed (Sokal & Rohlf 1981). We excluded from the analyses the taxa in which NISs were fewer than three.

We tested the rate of losses in the identifications to species, in each taxon, against the general butterfly rate of loss in the identification to species for each study site through a Goodness-of-Fit test. We also assessed whether the rate of loss was homogeneous among the different taxa.

For the taxa with rates of loss different from the general rate, we examined if the NIS rate would vary in the same way among the different taxa at each study site. We used a Chi-square test of Association along with posterior analysis of residuals. The analysis of residuals is used as an aid in interpreting the results of the test of association, allowing an

assessment of the individual contribution of each taxon to the overall result obtained (Callegari-Jacques 2003).

Results

BUTTERFLIES IDENTIFIED TO SPECIES (IS)

Sampling effort totalled 240 hours per study site. At RF we recorded 1,050 butterflies distributed in 92 species, 71 genera, 25 tribes, 21 subfamilies and six families. In the AF, registers summed up 2,297 individuals, distributed in 134 species, 97 genera, 25 tribes, 18 subfamilies and six families (Table 1).

The cumulative number of species by sampling occasion, kept increasing in both study sites, but pointing to stabilization at RF (Fig. 1a). The richness estimators Jackknife 1 and Jackknife 2 indicated that between 68 and 75% of the species present along this study at RF were detected and, at AF, between 62 and 73%.

At RF, the most abundant species was *Eunica eburnea* Fruhstorfer, 1907 (N = 147) and at AF it was *Morpho epistrophus catenaria* (Perry, 1811) (N = 235). At RF, the tribe Heliconiini, the subfamily Heliconiinae and the family Nymphalidae were the taxa with the highest percentage of IS recorded. At AF, it was the tribe Satyrini, the subfamily Satyrinae and the family Nymphalidae (Table 1).

The peak of IS abundance was at 11:00 in the RF (N = 388) and at 12:00 in the AF (N = 1143) (Fig. 2). Sampling sufficiency, by observation periods, indicated that 58% of the species present at RF were recorded until 10:00 and 85% until 12:00 (Fig. 1c). At AF, 69% of the species were recorded until 10:00 h and 82% until 11:00 (Fig. 1d). The curves also indicate that surveying before 10:00 h (S_{obs} reverse) or after 16:00 h (S_{obs}), added no new records of species for any of the locations at either study site.

BUTTERFLIES NOT IDENTIFIED TO SPECIES (NIS)

Fortyfive butterflies at RF, and 323, at AF, could not be identified to species (Table 2), indicating a general loss rate of, respectively, 4.3 and 14.1%. Sampling efficiency was significantly different between the study sites ($\chi^2 = 58.45$; $df = 1$; $P < 0.001$).

Of those NIS occurring at RF, 4% were identified to genus and 31% could only be identified to suborder. Contrasting with this result, at AF, 41% of the NISs were identified to genus and 14% were identified only to the level of suborder (Table 2).

Observing the proportion of IS and NIS by taxon and study site (Fig. 3), the genus *Actinote* Hübner, [1819] stands out, as the percentage of loss in identification to species surpassed 50% of the total number of individuals recorded, but only for AF. In the genus *Hamadryas* Hübner, [1806] the NIS percentage reached 50%, however, it must be taken into account that this ratio refers to the loss in the identification of solely two individuals. In 14 taxa, the percentage of loss was lower or equal to 10%, and among these, seven taxa had loss rates lower than 5%.

Losses in identification to species were low during all periods of the day at both study sites (Fig. 2). Adding all the NIS recorded on each hour of the day, at the 32 sampling occasions, during two years, the highest number of losses took place at 13:00 ($N = 12$) in the RF, and at 11:00 ($N = 62$) in the AF. At RF, from 08:00 to 09:45 and from 15:00 on, all individuals present in the sampling areas were identified to the level of species. At AF, the same situation was only possible after 17:00.

NIS RATE AND BUTTERFLY ABUNDANCE

The proportion of NIS was not correlated with the abundance of IS by sampling occasion either at RF ($r = 0.09$; $df = 30$; $P > 0.5$) or at AF ($r = -0.12$; $df = 30$; $P > 0.5$). The same happened for each taxon at all taxonomic levels when individually analysed, both at

RF and at AF (Table 3). The number of losses in identification to species per periods of the day was not high enough at any time to allow for this kind of analysis to be carried out.

IDENTIFICATION EFFICIENCY COMPARED TO THE GENERAL LOSS RATE

At RF, the efficiency in the identification of butterflies to species was heterogeneous ($\chi^2 = 38.54$; $df = 4$; $P < 0.001$). The rate of NIS in HesperIIDae, Nymphalidae and Rhopalocera was significantly lower ($P < 0.05$ in every case) than the general rate of losses in identification in the RF, and was significantly higher for the tribe Satyrini ($\chi^2 = 18.44$; $df = 1$; $P < 0.001$). For the HesperIIDae subfamily, there was no statistically significant difference between the rate of NIS and the general loss rate in the RF.

At AF, the efficiency of identification was also heterogeneous ($\chi^2 = 1258.28$; $df = 10$; $P < 0.001$). The rate of NIS in the ColiADinae and HesperIIDae subfamilies, the Nymphalidae and Papilionidae families, and the Rhopalocera suborder was significantly lower ($P < 0.001$ in every case) than the general loss rate in the AF. In contrast, in the genus *Actinote* ($\chi^2 = 1082.40$; $df = 1$; $P < 0.001$) the NIS rate was significantly higher than the general loss rate in the AF. The genus *Adelpha* Hübner, [1819], the tribe Satyrini and the families HesperIIDae, Lycaenidae and Pieridae did not significantly differ to the AF general loss rate.

IDENTIFICATION EFFICIENCY COMPARED AMONG THE TAXA

For those taxa in which the proportion of NIS differed from the general rate of loss in identification to species at each study site, we further assessed if there were significant variations in these rates for both groups: those with higher and those with lower than expected rates. At RF, the proportion of NIS and the IS among the taxa with lower rates -

Hesperiidae, Nymphalidae and Rhopalocera - did not statistically differ ($\chi^2 = 1.24$; $df = 2$; $P > 0.5$). This analysis was not performed for the Satyrini since there was no other taxon with significantly higher difference to the general loss rate.

At AF, there was a significant difference between the NIS and the IS among Coliadinae, Hesperinae, Nymphalidae, Papilionidae and Rhopalocera ($\chi^2 = 10.76$; $df = 4$; $P < 0.05$). Through the residuals analysis, it was observed that the frequency of NIS in the Rhopalocera suborder was significantly lower than expected for the losses in this particular taxon while in the Papilionidae family the losses were significantly higher than expected. For the genus *Actinote*, the only one with a rate of NIS significantly higher than the general loss rate at AF, the association analysis could not be performed.

Discussion

BUTTERFLIES IDENTIFIED TO SPECIES (IS)

The sufficiency curves (Fig. 1), both by sampling occasion and by observation period, indicate that the recorded species represented well the butterfly fauna in both study sites, since about 70% of the estimated fauna were sampled. The stabilization of species accumulation curves is rare, but may still be a good tool to assess how representative a given inventory is of the actual richness at a given location (Santos 2006).

The composition of the butterfly assemblage diverged between RF and AF and thus reflected the contrast between the study sites and their plant communities. In spite of the differences, at both locations, the time window from 10:00 to 16:00 proved to be effective for maximizing the records of most species. Such results corroborate with hard data, the common sense and field experience (Walpole & Sheldon 1999; Marchiori & Romanowski 2006).

BUTTERFLIES NOT IDENTIFIED TO SPECIES (NIS)

It was possible to assess the sampling efficiency and it was high. At RF and AF the losses in identification to species represented a low percentage in relation to the total of individuals recorded. There was, nevertheless, significant difference in the rates obtained at each study site and also in the taxonomic level of identification that we could achieve. However, we were able to quantify the sampling bias in both study sites and allocate the losses to some taxonomic group (Fig. 3). Those butterflies in which no identification better than Rhopalocera was possible were in fact significantly less frequent than expected by chance.

Our choice of surveying butterflies in contrasting plant communities proved to be effective to evaluate how distinct environments could generate different caveats and render identification possible at different levels for some taxonomic groups. In the RF, although with a lower rate of loss in identification, it was more difficult to identify the NIS to the genus level than it was at AF. At RF, we had to allocate most of the NIS to taxonomic levels higher than that of genus (Table 2). That fact seems to be related to the phytophysiology of the study sites. RF is composed mainly of open environments, prone to desiccation; as a consequence, the butterflies found there tend to remain less time exposed, seeking for shadow amidst the vegetation. On the other hand, at AF, where the forest is denser, more humid and with microhabitats that provide shaded places, most butterflies tend to remain basking over the leaves, allowing the researcher a better identification of the specimens. In fact, butterflies are able to avoid stressful conditions by changing microhabitat (Rutowski *et al.* 1994) and heat loss is probably mainly achieved by seeking shade (Owen 1971).

The NIS has not been in any situation correlated with the density of butterflies, in any environment, taxon or level at which the analysis was performed. This was an

outstanding result. Some degree of correlation was expected, at least for the most abundant taxa. As a result, the crucial point is that the independence of the rates of loss on abundance reinforces the consistency of the procedures adopted for surveying butterflies in southern latitudes of Brazil, validating the protocol for comparisons between studies that may employ it. One may argue that the observer's ability may play a role in the results. Surely, proper training of crews is crucial for any sampling procedure and it should always be ensured if sampling bias is to be avoided (Bonar *et al.* 2011).

At AF, losses were higher than at RF, but this was extremely influenced by the losses on the *Actinote* genus. In Rio Grande do Sul, at least 13 species of *Actinote* can be found (Teston *et al.* 2006), of which nine were identified at AF: *A. carycina* Jordan, 1913, *A. discrepans* d'Almeida, 1958, *A. mamita* (Burmeister, 1861), *A. melanisans* Oberthür, 1917, *A. parapheles* Jordan, 1913, *A. pellenea* Hübner, [1821], *A. pyrrha* (Fabricius, 1775), *A. rhodope* d'Almeida, 1923 and *A. surima* (Schaus, 1902). This genus was the one with the highest number of NIS found. Francini & Penz (2006) mentioned that many species from different mimicry groups of *Actinote* usually fly together in open areas, during some periods of the year, in the southeast of Brazil, just as observed here. These species share extremely similar wing patterns and a high level of intraspecific variation, both within and between sexes. When in groups, they may be easily recognized as "Acreinae". Nevertheless, the end result is a group of very similar individuals that broadly overlap in adult resource use and activity patterns, so the discrimination between species becomes a very difficult task. Even when captured, this difficulty may remain, since females are nearly indistinguishable from one another (Francini & Penz 2006).

Regarding the difficulties that a few genera may impose on the identification of a high number of individuals in the field, our results are in accordance with those of Walpole & Sheldon (1999). They performed a study on the application and limitations of the

“Pollard Walk” survey method for assessing the abundance and diversity of butterflies in tropical forests of Indonesia. One of the results was the difficulty in the identification of 16 species out of 41 genera. Among them, four genera were responsible for 86.7% of the total number of individuals not identified to species. It is worth mentioning that, from the four, only the genus *Eurema* Hübner, [1819] is found in the Neotropics. Although in our work we used a different sampling protocol, both studies aimed to minimize disturbance so the butterflies were caught only when they could not be identified.

The genus *Hamadryas* also has several species with similar appearance, especially when in flight, making difficult their identification to species. However, due to their frugivorous habit, the entomological net is not, *a priori*, the most appropriate technique to capture them and this is evident from the low number of individuals of this genus reported here (IS + NIS = 4). Thus, the proportion of losses reported, though high (50%), is not an adequate measure for evaluating the efficiency of the sampling procedure under study.

Satyrini occurred at both study sites, although the species differed and so did the rate of identification. The losses in species identification recorded for Satyrini were higher than expected for the restinga environment, but were not significant in the Araucaria Moist Forest. In the restingas, the Satyrini tend to fly under the vegetation in search for shadow, and not over it. Due to their small size and brownish colour, when perched on the leaf litter, they are prone to be confused with the ground. Besides, the dense and thorny vegetation makes their capture with the entomological net very difficult.

At AF, apart from the genus *Actinote*, the analysis of residuals indicated that only the Papilionidae frequency of NIS was significantly different – higher - than that observed in other taxa where losses were recorded. Papilionidae is a family represented by large-sized butterflies, with agile and vigorous flight. They are more abundant in humid environments with native trees and diversity of microhabitats (Brown 1992). The species

found at AF corroborate these aspects. Many of them present similar wing colour pattern. At AF, those in black and yellow or black and red colours prevailed. Those characteristics, along with a high flight, frequently near to the canopy level, made the visual identification and/or capture of a few individuals difficult. According to Dennis *et al.* (2006) wing colour and adult behaviour can be a potential source of bias in monitoring schemes and butterflies frequenting higher substrates are frequently under-recorded. Even so, those losses account for only nine individuals against 151 that were identified to species. It is fitting to highlight that, in the literature, the Papilionidae are not mentioned as being particularly difficult to capture or identify, as the Lycaenidae and Hesperiiidae do.

The absence of losses in Lycaenidae, at RF was unexpected. The butterflies of this family are usually reported to be underestimated in surveys due to their small size and the habit of resting amidst the vegetation, where they remain “hidden” during a great deal of the day (Brown 1972, 1992). However, in our study it was evidenced that if the due regard in the search for the presence of those species is employed losses may, in fact, be reduced.

Riodinidae butterflies are usually rare and many species occur on spots, in favorable microhabitats, even when widely distributed (Brown 1992). Yet the identification of the majority of its individuals at both study sites is worth noticed. At RF, the high rate of identifications may be associated to the overall low richness and abundance of Riodinidae in this study site. At AF, only five species occurred. One of them, *Charis cadytis* Hewitson, 1866, had a prevalence of males. Males of this conspicuous species usually form clusters in restricted areas along humid forest edges waiting for mating opportunities (Chaves 2004), thus allowing for a better sampling and easier identification.

Concerning the Hesperiiidae too, we recorded only few NIS, generating a high sampling efficiency as compared to the great abundance of individuals recorded, both at RF and at AF. Although many individuals of this family are not easily identified in the

field (Brown 1972; Mielke *et al.* 2008), their capture, in fact, is not necessarily difficult. The high efficiency recorded here reflects the possibility of catching them so that their identification can be done *a posteriori*. Indeed, the statistical tests indicated significantly lower or non-significant losses for the Hesperinae subfamily and for the Hesperidae family.

The findings presented here deserve emphasis for they shall lend consistence to the method assessed. Sampling efficiency was high and there was no correlation between the recorded losses and density of butterflies at any of the conditions analysed. The period between 10:00 and 16:00 was well suited to sample all species recorded throughout the study in both locations. On the whole, the losses in the identification of butterflies to species were low or negligible for most taxa, with only a few of them representing the bulk of losses at each location.

Although contrasting environments affected the efficiency of butterfly identification, the level of sampling bias could be evaluated at both study sites. Therefore, we recommend that, when adult of butterflies are recorded in inventories with entomological net, through scan sampling or transect counts, those individuals not identified to species should also be quantified and included in the taxonomic category as close to species as possible. In this way, the bias of the sampling procedure may be calculated and should be considered when interpreting the results of the research.

Acknowledgements

We are grateful to Cristiano A. Iserhard for helping with the FLONA-SFP expeditions. We thank the colleagues of the Laboratory of Insect Ecology at UFRGS, Edenice B. de Souza and Jairo Schwantz for field-work support. Our grateful appreciation to André V.L. Freitas, Curtis Callaghan, Olaf H.H. Mielke, Ronaldo B. Francini and Alfred

Moser, for the identification of several butterfly species. To CNPq for financial support (Process 472175/2007-6) and a grant to M.O. Marchiori and H.P. Romanowski (Processes 141027/2007-0 and 308292/2007-3). Captures were carried out with Authorization for Scientific Activities n° 13624-1 issued by IBAMA and with Register n° 251 issued by DUC/SEMA-RS. Contribution n° 560 of the Department of Zoology/UFRGS.

References

- Arend, L.M. (1990) Geografia física. *Rio Grande do Sul: aspectos da geografia* (eds G.R. Hoffmann, L.M. Arend, J.C.B. Silveira, H.R. Bellomo & J.L.M. Nunes), pp. 22-53. Martins Livreiro, Porto Alegre.
- Backes, A. (2009) Distribuição geográfica atual da Floresta com Araucária: condicionamento climático. *Floresta com Araucária. Ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável* (eds C.R. Fonseca, A.F. Souza, A.M. Leal-Zanchet, T. Dutra, A. Backes A. & G. Ganade), pp. 39-44. Holos, Ribeirão Preto.
- Bonar, S.A., Fehmi, J.S., Mercado-Silva, N. (2011) An overview of sampling issues in species diversity and abundance surveys. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment* (eds A.E. Magurran & B.J. McGill), pp. 11-24. Oxford University Press, New York.
- Bonebrake, T.C., Ponisio, L.C., Boggs, C.L. & Ehrlich, P.R. (2010) More than just indicators: a review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation*, **143**, 1831–1841.
- Brack, P., Rodrigues, R.S., Sobral, M. & Leite, S.L.C. (1998) Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, **51**, 139-166.

- Brown, K.S.Jr. (1972) Maximizing daily butterfly counts. *Journal of the Lepidopterist's Society*, **26**, 183-196.
- Brown, K.S.Jr. (1992) Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. (ed L.P.C. Morellato), pp. 142-186. UNICAMP/FAPESP, Campinas.
- Caldas, A. & Robbins, R.K. (2003) Modified Pollard transects for assessing tropical butterfly abundance and diversity. *Biological Conservation*, **110**, 211-219.
- Callegari-Jacques, S.M. (2003) *Bioestatística: princípios e aplicações*. Artmed, Porto Alegre.
- Chaves, G.W. (2004) *Ecologia de agrupamentos e interações agonísticas na borboleta Charis cadytis (Riodinidae)*. Ph.D. Thesis, Campinas State University (UNICAMP), Brazil.
- Colwell, R.K. (2006) EstimateS 8.2. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. URL <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS> [accessed July 2010]
- Dennis, R.L.H., Shreeve, T.G., Isaac, N.J.B., Roy, D.B., Hardy, P.B., Fox, R. & Asher, J. (2006) The effects of visual apperency on bias in butterfly recording and monitoring. *Biological Conservation*, **128**, 486-492.
- Dillenburg, L.R., Waechter, J.L. & Porto, M.L. (1992) Species composition and structure of a sandy coastal plain forest in northern Rio Grande do Sul, Brazil. *Coastal plant communities of Latin America* (ed U. Seeliger), pp. 349-366. Academic Press, New York.
- Francini, R.B. & Penz, C.M. (2006) An illustrated key to male *Actinote* from Southeastern Brazil (Lepidoptera, Nymphalidae). *Biota Neotropica*, **6**, 1-46.

- Harker, R.J. & Shreeve, T.G. (2008) How accurate are single site transect data for monitoring butterfly trends? Spatial and temporal issues identified in monitoring *Lasiommata megera*. *Journal of Insect Conservation*, **12**, 125-133.
- Kery, M. & Plattner, M. (2007) Species richness estimation and determinants of species detectability in butterfly monitoring programmes. *Ecological Entomology*, **32**, 53-61.
- Lamas, G. (2004) *Atlas of Neotropical Lepidoptera: checklist, part 4A, Hesperioidea and Papilionoidea*. Association for Tropical Lepidoptera and Scientific Publishers, Gainesville.
- Lamas, G. (2008) La sistemática sobre mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) en el mundo: estado actual y perspectivas futuras. *Contribuciones taxonómicas en órdenes de insectos hiperdiversos* (eds J. Llorente-Bousquets & A. Lanteri), pp. 57-70. UNAM, México.
- Marchiori, M.O. & Romanowski, H.P. (2006) Species composition and diel variation of a butterfly taxocene (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in a restinga wood at Itapuã State Park, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **23**, 443-454.
- Mielke, O.H.H. (2005) *Catalogue of the American Hesperioidea: Hesperiidae (Lepidoptera). Vol. 1. Complementary and supplementary parts to the checklist of the Neotropical region; Hesperioidea, Hesperiidae, Pyrrhopiginae*. Sociedade Brasileira de Zoologia, Curitiba.
- Mielke, O.H.H., Emery, E. de O. & Pinheiro, C.E.G. (2008) As borboletas (Lepidoptera, Hesperioidea) do Distrito Federal, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, **52**, 283-288.
- Owen, D.F. (1971) The behaviour of adult butterflies. *Tropical butterflies*. (ed D.F. Owen), pp. 157-167. Oxford University Press, London.

- Pellet, J. (2008) Seasonal variation in detectability of butterflies surveyed with Pollard walks. *Journal of Insect Conservation*, **12**, 155-162.
- Pollard, E. (1977) A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological Conservation*, **12**, 115-134.
- Pozo, C., Llorente-Bousquets, J., Luis-Martinez, A., Vargas-Fernández, I. & Salas-Suárez, N. (2005) Reflexiones acerca de los métodos de muestreo para mariposas en las comparaciones biogeográficas. *Regionalización biogeográfica de Iberoamérica y tópicos afines* (eds J.B. Llorente & J.J. Morrone), pp. 203-215. UNAM, México.
- Rutowski, R.L., Demlong, M.J. & Leffingwell, T. (1994) Behavioural thermoregulation at mate encounter sites by males butterflies (*Asterocampa leilia*, Nymphalidae). *Animal Behaviour*, **48**, 33-841.
- Santos, A.J. (2006). Estimativas de riqueza em espécies. *Métodos de estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre* (eds L. Cullen Jr, R. Rudran & C. Valladares-Padua), pp. 19-41. UFPR, Curitiba.
- Silva, J.M.C. (2001a) *Atlantic Coast restingas (NT0102)*. WWF terrestrial ecoregions. URL http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt0102_full.html [accessed May 2010]
- Silva, J.M.C. (2001b) *Araucaria moist forests (NT0101)*. WWF terrestrial ecoregions. URL http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt0101_full.html [accessed May 2010]
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. (1980) *Biometry*. W.H. Freeman and Company, New York.
- Teston, J.A., Toledo, K.G. & Corseuil, E. (2006) Ninfalídeos (Lepidoptera: Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte III. Heliconiinae e Libytheinae. *Biociências*, **14**, 208-213.

- Walpole, M.J. & Sheldon, I.R. (1999) Sampling butterflies in tropical rainforest: an evaluation of a transect walk method. *Biological Conservation*, **87**, 85-91.
- Wahlberg, N., Leneveu, J., Kodandaramaiah, U., Peñas, C., Nylin, S., Freitas, A.V.L. & Brower, A.V.Z. (2009) Nymphalid butterflies diversify following near demise at the cretaceous/tertiary boundary. *Proceedings of the Royal Society of London, Serie B*, **276**, 4295-4302.
- Williams, P.H. & Gaston, K.J. (1994) Measuring more of biodiversity: can higher-taxon richness predict wholesale species richness? *Biological Conservation*, **67**, 211-217.
- Yates, F.R.S. (1981) *Sampling methods for censuses and surveys*. Charles Griffin and Company, London.

Table 1. Number of individuals identified to species (IS) by taxa, in the Restinga Forest (RF) and Araucaria Moist Forest (AF), southern Brazil.

| Families | Taxa | | IS | | |
|--------------|----------------|--------------|-------------|------|-----|
| | Subfamilies | Tribes | RF | AF | |
| Hesperiidae | Hesperiinae | | 97 | 172 | |
| | Heteropterinae | | 0 | 2 | |
| Lycaenidae | Pyrginae | Eudamini | 51 | 46 | |
| | | Pyrgini | 67 | 69 | |
| | Pyrrhopyginae | Pyrrhopygini | 3 | 2 | |
| | Polyomatinae | | 5 | 0 | |
| Nymphalidae | Theclinae | Eumaeini | 16 | 45 | |
| | Apaturinae | | 6 | 9 | |
| Nymphalidae | Biblidinae | Ageroniini | 2 | 2 | |
| | | Epicaliini | 147 | 7 | |
| | | Epiphilini | 0 | 10 | |
| | Charaxinae | Eubagini | 5 | 20 | |
| | | Anaeini | 0 | 3 | |
| | Cyrestinae | Preponini | 1 | 0 | |
| | | | 7 | 0 | |
| | Danainae | Danaini | 9 | 0 | |
| | | Ithomiini | 5 | 170 | |
| | Heliconiinae | Acraeini | 8 | 60 | |
| | | Heliconiini | 183 | 129 | |
| | Libytheinae | | 1 | 0 | |
| | Limnithidinae | Limnithidini | 3 | 117 | |
| | Nymphalinae | Junoniini | | 27 | 0 |
| | | | Melitaeini | 61 | 166 |
| Nymphalini | | | 14 | 38 | |
| Victorinini | | | 71 | 68 | |
| | | Morphini | 0 | 246 | |
| | | Satyrini | 98 | 260 | |
| Papilionidae | Papilioninae | Leptocircini | 14 | 37 | |
| | | Papilionini | 8 | 109 | |
| | | Troidini | 41 | 5 | |
| Pieridae | Coliadinae | | 80 | 148 | |
| | Dismorphiinae | | 2 | 105 | |
| Pieridae | Pierinae | Pierini | 2 | 29 | |
| | Riodinidae | Euselasiinae | Euselasiini | 2 | 0 |
| Riodininae | | | Nymphidiini | 7 | 7 |
| Riodinini | | | 7 | 197 | |
| | | Symmachiini | 0 | 19 | |
| Total | | | 1050 | 2297 | |

Table 2. Number of individuals not identified to species (NIS), included in the lowest possible taxonomic category, in the Restinga Forest (RF) and Araucaria Moist Forest (AF), southern Brazil.

| Taxa | NIS | |
|-------------------|-----|-----|
| | RF | AF |
| Suborder | | |
| Rhopalocera | 14 | 46 |
| Families | | |
| Hesperiidae | 3 | 33 |
| Lycaenidae | | 6 |
| Nymphalidae | 4 | 27 |
| Papilionidae | | 9 |
| Pieridae | 2 | 28 |
| Subfamilies | | |
| Coliadinae | | 5 |
| Hesperiinae | 7 | 4 |
| Danainae | | 1 |
| Tribes | | |
| Satyrini | 13 | 32 |
| Genera | | |
| <i>Actinote</i> | | 104 |
| <i>Adelpha</i> | | 22 |
| <i>Doxocopa</i> | | 1 |
| <i>Eurema</i> | 1 | |
| <i>Hamadryas</i> | | 2 |
| <i>Heliconius</i> | | 1 |
| <i>Phoebis</i> | 1 | |
| <i>Urbanus</i> | | 2 |
| Total | 45 | 323 |

Table 3. Correlation of butterfly abundance (BA) and the rate of individuals not identified to species (NIS) by taxon along 32 sampling occasions in the Restinga Forest (RF) and in the Araucaria Moist Forest (AF), southern Brazil.

| Taxa | RF | | | | AF | | | |
|-----------------|-----------------|-------|-------|------|-----------------|------|-------|-------|
| | BA ^a | NIS | r | p | BA ^a | NIS | r | p |
| Families | | | | | | | | |
| Hesperiidae | 221 | 0.01 | -0.14 | >0.4 | 324 | 0.10 | 0.03 | >0.5 |
| Lycaenidae | | | | | 51 | 0.12 | 0.18 | >0.2 |
| Nymphalidae | 652 | 0.006 | 0.09 | >0.5 | 1332 | 0.02 | -0.06 | >0.5 |
| Papilionidae | | | | | 160 | 0.06 | 0.003 | >0.9 |
| Pieridae | | | | | 310 | 0.09 | 0.09 | >0.5 |
| Subfamilies | | | | | | | | |
| Coliadinae | | | | | 153 | 0.03 | 0.35 | >0.05 |
| Hesperiinae | 104 | 0.07 | 0.08 | >0.5 | 176 | 0.02 | -0.22 | >0.2 |
| Tribe | | | | | | | | |
| Satyrini | 111 | 0.12 | -0.28 | >0.1 | 292 | 0.11 | -0.01 | >0.9 |
| Genera | | | | | | | | |
| <i>Actinote</i> | | | | | 164 | 0.63 | 0.33 | >0.05 |
| <i>Adelpha</i> | | | | | 139 | 0.16 | 0.19 | >0.2 |

^a: BA = IS + NIS

r: Pearson correlation coefficient.

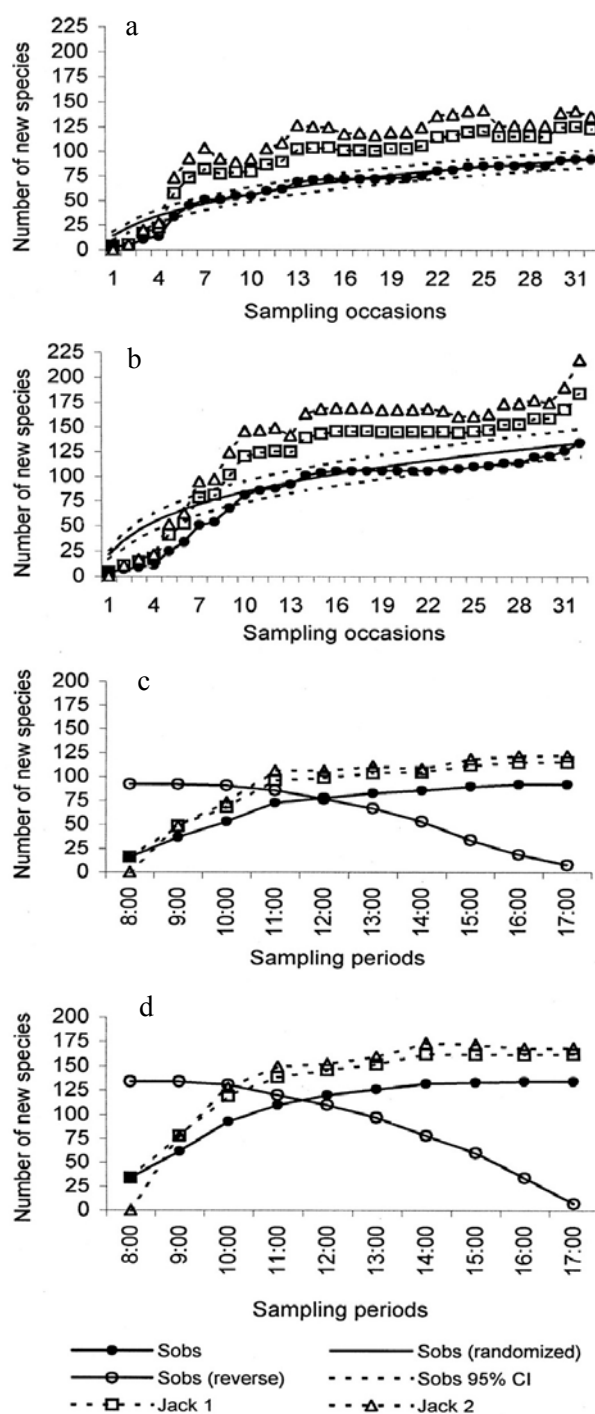


Figure 1. Species accumulation and richness estimators (Jackknife 1 and Jackknife 2) for butterflies sampled through scan observation in the Restinga Forest (RF) (a and c) and in the Araucaria Moist Forest (AF) (b and c). Data on observed species richness by sampling times (c and d) are shown on both direct (S_{obs}) and reverse order (S_{obs} reverse). S_{obs} (randomized): randomized species richness; S_{obs} 95% CI: confidence limits.

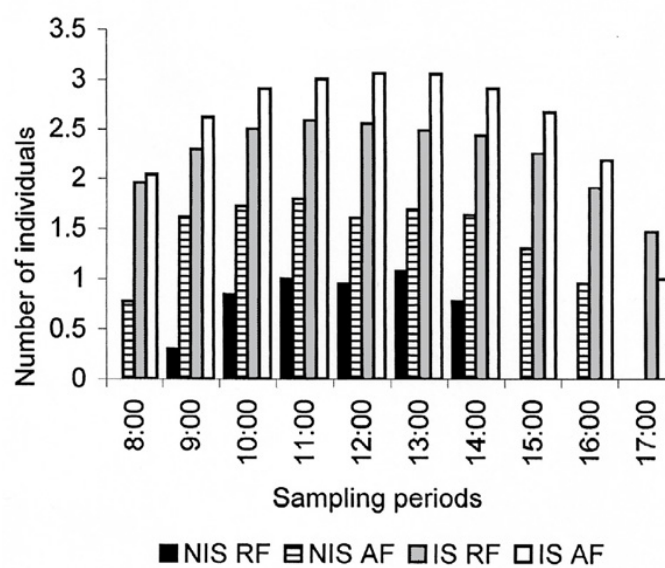


Figure 2. Number of individuals (Log_{10}) identified to species (IS) and not identified to species (NIS), by sampling times, in the Restinga Forest (RF) and in the Araucaria Moist Forest (AF), southern Brazil. Data for all 32 sample occasions pooled.

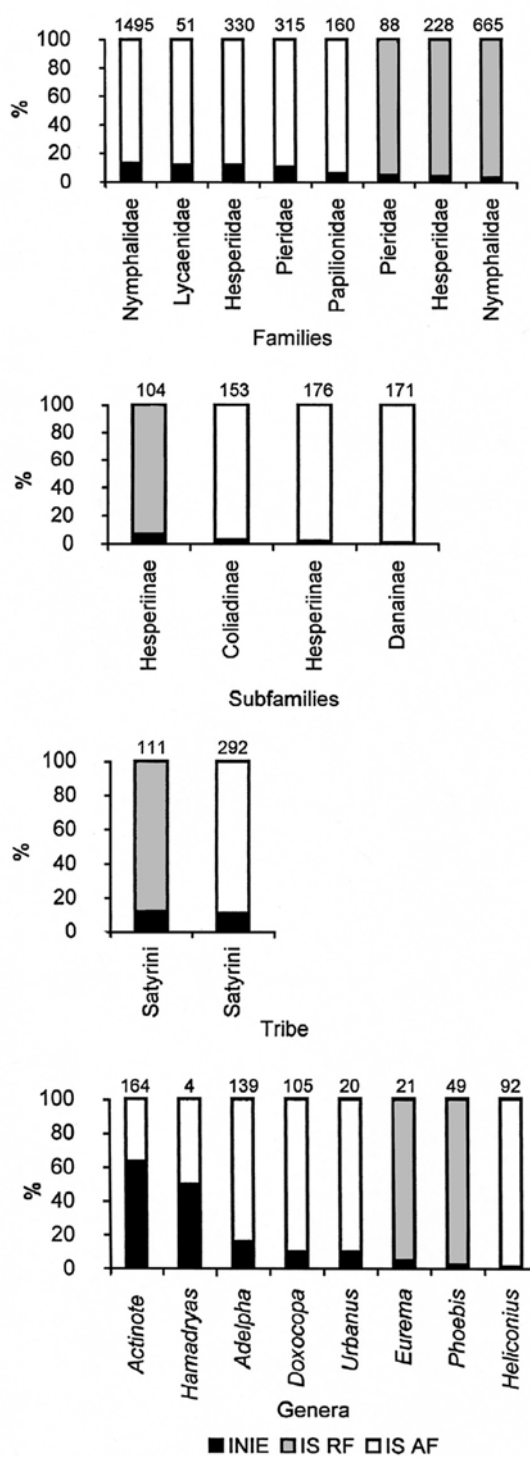


Figure 3. Overall percentage of individuals identified to species (IS) and not identified to species (NIS) by genera, tribe, subfamilies and families in the Restinga Forest (RF) and in the Araucaria Moist Forest (AF), southern Brazil. Numbers above the bars indicate the total abundance (IS + NIS) per taxon. Only those taxa for which losses in identification to species occurred are shown.

7.CONSIDERAÇÕES FINAIS

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fauna de borboletas do Rio Grande do Sul vem sendo inventariada há muitos anos. Um conhecimento considerável já foi acumulado. Através dos estudos realizados pelo Programa Borboletas do Rio Grande do Sul, demais grupos de pesquisa no Estado e dados históricos é possível traçar um panorama generalizado sobre esta fauna. Entretanto, lacunas existem. Novas abordagens e a ampliação na extensão temporal e espacial dos trabalhos desenvolvidos ou em desenvolvimento podem contribuir para elucidação de padrões mais abrangentes. O número de novos registros para as formações vegetais e unidades de conservação abordadas, assim como para o Estado, evidenciam a importância da continuidade destes estudos.

A heterogeneidade ambiental é um elemento importante, que pode influenciar nos resultados obtidos. A Mata de Araucária, com sua estrutura vegetacional mais complexa apresentou a maior riqueza, abundância e diversidade de borboletas. A Mata de Restinga, por outro lado, apesar de menos rica e diversa, apresentou uma composição de espécies peculiar, com borboletas que costumam ser registradas em ambientes de campo. Estudos realizados em unidades de conservação, como o aqui apresentado, podem ser diretamente aplicados nas mesmas a fim de que sejam atingidas as finalidades que motivaram o estabelecimento destas áreas como protegidas. Espera-se, portanto, que o presente trabalho seja utilizado por técnicos e administradores do PEI e da FLONA-SFP para ações de manejo, educação ambiental e tomada de decisões.

Através do presente estudo registrou-se diferenças sazonais entre as assembleias de borboletas estudadas. A proporção de espécies raras foi elevada, sugerindo que estas tenham tido um papel importante da dinâmica temporal registrada em ambos locais. Por outro lado, a riqueza e a abundância de Nymphalidae e Hesperiiidae, famílias muito numerosas, influenciaram os padrões sazonais e moldaram a distribuição temporal das

assembleias como um todo. Na Mata de Restinga a primavera foi a estação mais rica e diversa, e o outono foi aquela com maior abundância de borboletas, enquanto que na Mata de Araucária, o outono foi a estação mais favorável para a diversidade destes insetos. O inverno foi desfavorável para a lepidopterofauna em ambas formações vegetais.

Também foi verificada uma variação significativa na riqueza e abundância de borboletas ao longo dos horários do dia, em ambos locais de estudo, geral e sazonalmente. A segregação temporal foi fortemente influenciada pela temperatura e o vento desempenhou um papel importante na dinâmica de ocupação dos ambientes abordados. Na Mata de Restinga o horário com maior riqueza e abundância foi às 11:00 e na Mata de Araucária foi entre 10:00 e 11:00. O horário das 10:00 às 16:00 comprovou ser efetivo para a maximização do registro de espécies no interior de matas, em ambos locais de estudo.

No que concerne a eficiência amostral, esta foi alta e não houve relação entre o número de indivíduos não identificados até espécie e a densidade geral de borboletas. Apesar do contraste entre a fitofisionomia das áreas de estudo e da diferença na composição das assembleias de borboletas, foi possível registrar, em ambas localidades, a margem de erro da técnica empregada.

Conclusões Principais

(Em relação às hipóteses propostas na introdução deste trabalho)

A substituição de espécies de borboletas entre a Mata de Restinga e a Mata de Araucária foi substancial. Certamente os ambientes diferem entre si quanto a disponibilidade de recursos, capacidade de sustentação e condições climáticas. A alta proporção de espécies registradas exclusivamente em cada uma das formações vegetais aponta para a necessidade de manutenção e preservação destas áreas. A Mata de Araucária,

com heterogeneidade e estrutura mais complexas, apresentou a maior riqueza, abundância e diversidade de borboletas.

Entre os fatores ambientais avaliados, a temperatura (macro e microclima) e a velocidade do vento (somente microclima) atuaram sobre as assembleias estudadas, respondendo significativamente às análises. A umidade, entretanto, não foi preponderante no resultado das mesmas, pelo menos nas amplitudes registradas.

Os horários de atividade das assembleias de borboletas ao longo do dia e das estações do ano diferiu entre as formações vegetais. Na Mata de Restinga a maior atividade foi registrada no período da manhã, até às 13:00 no inverno, verão e outono e até às 14:00 na primavera. Na Mata de Araucária a atividade de borboletas se concentrou entre 10:00 e 14:00, em todas as estações do ano. Sugere-se que este fato esteja relacionado às diferenças de temperatura registradas ao longo do dia. Na Mata de Araucária, a temperatura declina rapidamente a partir das 14:00. Na Mata de Restinga esta se mantém elevada até as 15:00. Este ambiente, devido ao seu caráter xeromórfico, principalmente através do solo arenoso, deve potencializar o calor recebido ao longo do dia, tornando o risco de dessecação, a partir das 13:00, forte demais para a permanência em atividade de diversas espécies de borboletas.

8. APÊNDICES

Apêndice I. Espécies (S) e abundância de borboletas registradas na Mata de Restinga (MR) do Parque Estadual de Itapuã e na Mata de Araucária (MA) da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, entre julho de 2007 e maio de 2009. (*) Novos registros para a Mata de Restinga do Rio Grande do Sul, (•) novos registros para a Mata de Araucária e (#) novos registros para o Estado.

| Famílias/Subfamílias/Espécies | MR | MA |
|---|----|----|
| HESPERIIDAE (S = 66) | | |
| Hesperinae (S = 35) | | |
| * <i>Ancyloxypha nitedula</i> (Burmeister, 1878) | 2 | |
| <i>Anthoptus epictetus</i> (Fabricius, 1793) | | 25 |
| <i>Arotis derasa brunnea</i> (Mielke, 1972) | | 3 |
| <i>Callimormus interpunctata</i> (Plötz, 1884) | | 1 |
| <i>Callimormus rivera</i> (Plötz, 1882) | | 2 |
| • <i>Chalcone briquenydan australis</i> Mielke, 1980 | | 2 |
| * <i>Conga iheringii</i> (Mabille, 1891) | 2 | |
| <i>Conga immaculata</i> (Bell, 1930) | | 1 |
| <i>Corticea immocerinus</i> (Hayward, 1934) | 1 | |
| <i>Corticea lysias potex</i> Evans, 1955 | | 2 |
| <i>Cumbre cumbre</i> (Schaus, 1902) | | 2 |
| <i>Cymaenes tripunctata tripunctata</i> (Latreille, [1824]) | | 1 |
| * <i>Hylephila phyleus phyleus</i> (Drury, 1773) | 3 | |
| * <i>Lerodea eufala eufala</i> (W. H. Edwards, 1869) | 4 | |
| <i>Lucida lucia lucia</i> (Capronnier, 1874) | | 1 |
| * <i>Lucida ranesus</i> (Schaus, 1902) | 2 | |
| * <i>Miltomiges cinnamomea</i> (Herrich-Schäffer, 1869) | 9 | 13 |
| <i>Mnasitheus ritans</i> (Schaus, 1902) | | 92 |
| • <i>Monca branca</i> Evans, 1955 | | 1 |
| <i>Nastra lurida</i> (Herrich-Schäffer, 1869) | | 2 |
| * <i>Nyctelius nyctelius nyctelius</i> (Latreille, [1824]) | 1 | |
| * <i>Panoquina ocola ocola</i> (W. H. Edwards, 1863) | 1 | |
| <i>Polites vibex catilina</i> (Plötz, 1886) | 40 | |
| <i>Psoralis stacara</i> (Schaus, 1902) | | 1 |
| <i>Remella remus</i> (Fabricius, 1798) | | 1 |
| <i>Sodalia coler</i> (Schaus, 1902) | | 4 |
| <i>Sucova sucova</i> (Schaus, 1902) | | 1 |
| * <i>Thargella caura occulta</i> (Schaus, 1902) | 2 | |
| <i>Thespieus jora</i> Evans, 1955 | | 1 |
| <i>Vehilius clavicula</i> (Plötz, 1884) | | 10 |
| <i>Vehilius stictomenes stictomenes</i> (Butler, 1877) | | 2 |
| • <i>Vettius artona</i> (Hewitson, 1868) | | 2 |
| # <i>Vettius lucretius</i> (Latreille, [1824]) | 5 | |
| * <i>Wallengrenia premnas</i> (Wallengren, 1860) | 25 | |
| <i>Zariaspes mys</i> (Hübner, [1808]) | | 2 |
| Heteropterinae (S = 1) | | |
| <i>Dardarina aspila</i> Mielke, 1966 | | 2 |
| Pyrginae (S = 27) | | |

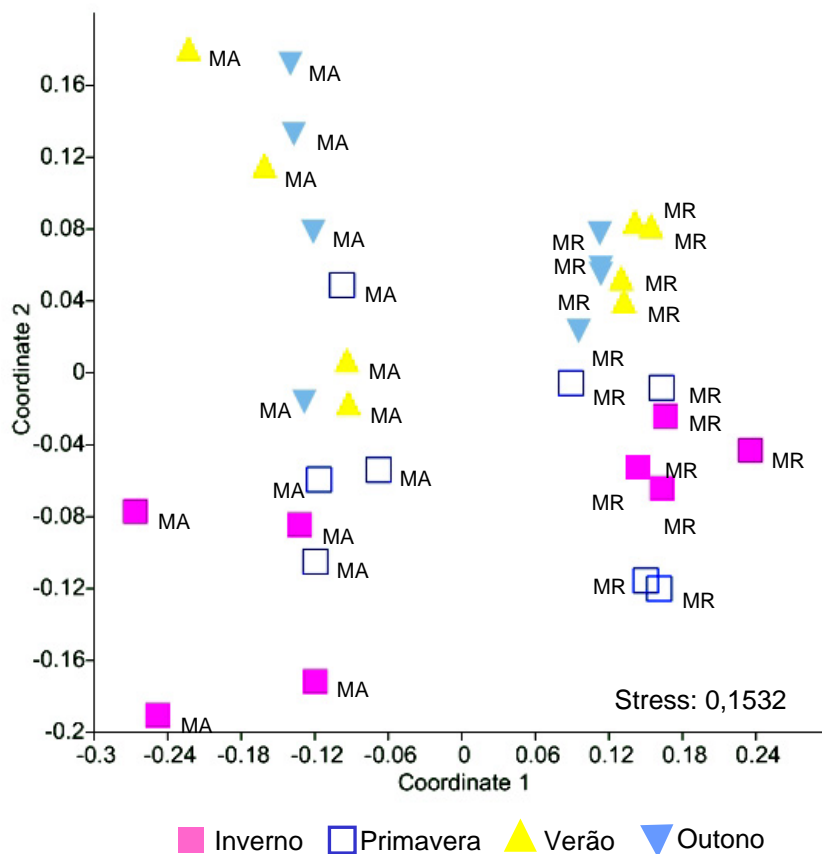
| Familias/Subfamilias/Espécies | MR | MA |
|--|----|----|
| * <i>Achlyodes busirus rioja</i> Evans, 1953 | 2 | 6 |
| <i>Achlyodes mithridates thraso</i> (Hübner, [1807]) | 5 | 3 |
| <i>Anisochoria sublimbata</i> Mabilie, 1883 | | 18 |
| • <i>Astraptes creteus siges</i> (Mabilie, 1903) | | 4 |
| <i>Astraptes fulgerator</i> (Walch, 1775) | | 3 |
| • <i>Camptopleura auxo</i> (Möschler, 1879) | | 2 |
| <i>Carrhenes canescens pallida</i> Röber, 1925 | | 4 |
| <i>Celaenorrhinus eligius punctiger</i> (Burmeister, 1878) | | 16 |
| * <i>Epargyreus clavicornis</i> (Herrich-Schäffer, 1869) | 9 | |
| * <i>Epargyreus exadeus exadeus</i> (Cramer, 1779) | 5 | |
| • <i>Epargyreus socus pseudexadeus</i> Westwood, 1852 | | 1 |
| * <i>Gorgythion begga begga</i> (Prittowitz, 1868) | 20 | 9 |
| * <i>Gorgythion beggina escalophoides</i> Evans, 1953 | 1 | 2 |
| * <i>Helias phalaenoides palpalis</i> (Latreille, [1824]) | 1 | |
| <i>Heliopetes alana</i> (Reakirt, 1868) | | 1 |
| <i>Heliopetes purgia</i> Schaus, 1902 | | 1 |
| * <i>Milanion leucaspis</i> (Mabilie, 1878) | 15 | 8 |
| * <i>Phocides pialia pialia</i> (Hewitson, 1857) | 1 | 4 |
| <i>Pyrgus orcus</i> (Stoll, 1780) | 19 | |
| <i>Pythonides lancea</i> (Hewitson, 1868) | | 12 |
| <i>Quadrus cerialis</i> (Stoll, 1782) | | 1 |
| • <i>Sostrata bifasciata</i> (Ménétriés, 1829) | | 1 |
| * <i>Trina geometrina geometrina</i> (C. Felder & R. Felder, 1867) | 1 | |
| <i>Urbanus esta</i> Evans, 1952 | | 2 |
| <i>Urbanus simplicius</i> (Stoll, 1790) | 33 | 5 |
| <i>Urbanus teleus</i> (Hübner, 1821) | 3 | 11 |
| <i>Xenophanes tryxus</i> (Stoll, 1780) | 3 | 1 |
| Pyrrhopyginae (S = 3) | | |
| <i>Elbella adonis</i> (Bell, 1931) | | 1 |
| * <i>Mysoria barcastus barta</i> Evans, 1951 | 3 | |
| <i>Sarbia damippe</i> Mabilie & Boulet, 1908 | | 1 |
| LYCAENIDAE (S = 18) | | |
| Polyommatainae (S = 1) | | |
| * <i>Leptotes cassius</i> (Cramer, 1775) | 5 | |
| Theclinae (S = 17) | | |
| <i>Arawacus meliboeus</i> (Fabricius, 1793) | | 16 |
| <i>Arawacus separata</i> (Lathy, 1926) | | 2 |
| <i>Arawacus tadita</i> (Hewitson, 1877) | | 1 |
| • <i>Aubergina vanessoides</i> (Prittowitz, 1865) | | 1 |
| * <i>Badecla badaca</i> (Hewitson, 1868) | 2 | |
| * <i>Calycopis caulonia</i> (Hewitson, 1877) | 4 | 3 |
| <i>Contrafacia imma</i> (Prittowitz, 1865) | | 1 |
| <i>Cyanophrys remus</i> (Hewitson, 1868) | | 9 |
| <i>Dicya eumorpha</i> (Hayward, 1949) | | 1 |
| <i>Erora gabina</i> (Godman & Salvin, 1887) | | 3 |

| Famílias/Subfamílias//Espécies | MR | MA |
|---|-----|----|
| <i>Laothus phydela</i> (Hewitson, 1867) | | 5 |
| # <i>Nesiostrymon endela</i> (Hewitson, 1874) | | 1 |
| # <i>Nicolaea xorema</i> (Schaus, 1902) | 2 | |
| * <i>Pseudolycaena marsyas</i> (Linnaeus, 1758) | 2 | |
| * <i>Rekoa palegon</i> (Cramer, 1780) | 4 | |
| * <i>Strymon lucena</i> (Hewitson, 1868) | 2 | |
| <i>Theritas triquetra</i> (Hewitson, 1865) | | 2 |
| NYMPHALIDAE (S = 70) | | |
| Apaturinae (S = 2) | | |
| * <i>Doxocopa kallina</i> (Staundiger, 1886) | 5 | 3 |
| <i>Doxocopa laurentia</i> (Godart, [1824]) | 1 | 6 |
| Biblidinae (S = 7) | | |
| <i>Catonephele sabrina</i> (Hewitson, 1852) | | 7 |
| * <i>Dynamine myrrhina</i> (Doubleday, 1849) | 5 | 20 |
| <i>Epiphile hubneri</i> Hewitson, 1861 | | 7 |
| <i>Epiphile orea orea</i> (Hübner, [1823]) | | 3 |
| <i>Eunica eburnea</i> Fruhstorfer, 1907 | 147 | |
| <i>Hamadryas epinome</i> (C. Felder & R. Felder, 1867) | | 2 |
| * <i>Hamadryas februa februa</i> (Hübner, [1823]) | 2 | |
| Charaxinae (S = 2) | | |
| * <i>Archaeoprepona amphimachus pseudomeander</i> (Fruhstorfer, 1906) | 1 | |
| <i>Zaretis isidora</i> (Crammer, 1779) | | 3 |
| Cyrestinae (S = 1) | | |
| * <i>Marpesia petreus</i> (Cramer, 1776) | 7 | |
| Danainae (S = 10) | | |
| <i>Danaus erippus</i> (Cramer, 1775) | 6 | |
| <i>Danaus gilippus gilippus</i> (Cramer, 1775) | 3 | |
| <i>Dircenna dero</i> (Hübner, 1823) | | 6 |
| <i>Episcada carcinia</i> Schaus, 1902 | | 2 |
| <i>Episcada philoclea</i> (Hewitson, [1855]) | | 2 |
| <i>Epityches eupompe</i> (Geyer, 1832) | | 91 |
| * <i>Mechanitis lysimnia lysimnia</i> (Fabricius, 1793) | 2 | 17 |
| * <i>Methona themisto</i> (Hübner, 1818) | 2 | |
| * <i>Pseudoscada erruca</i> (Hewitson, 1855) | 1 | 21 |
| <i>Pteronymia sylvo</i> (Geyer, 1832) | | 31 |
| Heliconiinae (S = 17) | | |
| <i>Actinote carycina</i> Jordan, 1913 | | 4 |
| <i>Actinote discrepans</i> d'Almeida, 1958 | | 3 |
| <i>Actinote mamita</i> (Burmeister, 1861) | | 3 |
| <i>Actinote melanisans</i> Oberthür, 1917 | 2 | 34 |
| <i>Actinote parapeles</i> Jordan, 1913 | | 2 |
| <i>Actinote pellenea</i> Hübner, [1821] | | 2 |
| * <i>Actinote pyrrha</i> (Fabricius, 1775) | 6 | 8 |
| • <i>Actinote rhodope</i> d'Almeida, 1923 | | 3 |
| <i>Actinote surima</i> (Schaus, 1902) | | 1 |

| Famílias/Subfamílias//Espécies | MR | MA |
|---|----|-----|
| * <i>Agraulis vanillae maculosa</i> (Stichel, [1908]) | 41 | |
| <i>Dione juno juno</i> (Cramer, 1779) | | 1 |
| <i>Dryadula phaetusa</i> (Linnaeus, 1758) | 5 | |
| <i>Dryas iulia alcionea</i> (Cramer, 1779) | 69 | 24 |
| <i>Heliconius besckei</i> Ménétrés, 1857 | | 1 |
| <i>Heliconius erato phyllis</i> (Fabricius, 1775) | 65 | 49 |
| * <i>Heliconius ethilla narcaea</i> Godart, 1819 | 3 | 41 |
| <i>Philaethria wernickei</i> (Röber, 1906) | | 13 |
| Libytheinae (S = 1) | | |
| * <i>Libytheana carinenta</i> (Cramer, 1777) | 1 | |
| Limenitidinae (S = 6) | | |
| • <i>Adelpha falcipennis</i> Fruhstorfer, 1915 | | 1 |
| <i>Adelpha hyas</i> (Doyère, [1840]) | | 13 |
| * <i>Adelpha mythra</i> (Godart, [1824]) | 2 | 55 |
| <i>Adelpha syma</i> (Godart, [1824]) | | 47 |
| * <i>Adelpha thessalia indefecta</i> Fruhstorfer, 1913 | 1 | |
| <i>Adelpha zea</i> (Hewitson, 1850) | | 1 |
| Nymphalinae (S = 10) | | |
| <i>Anartia amathea roeselia</i> (Eschscholtz, 1821) | 71 | 62 |
| <i>Eresia lansdorfi</i> (Godart, 1819) | | 3 |
| * <i>Hypanartia bella</i> (Fabricius, 1793) | 2 | 29 |
| <i>Junonia evarete</i> (Cramer, 1779) | 27 | |
| <i>Ortilia ithra</i> (W. F. Kirby, 1900) | 41 | 3 |
| * <i>Ortilia orthia</i> (Hewitson, 1864) | 1 | 15 |
| <i>Siproeta epaphus trayja</i> Hübner, [1823] | | 6 |
| <i>Tegosa claudina</i> (Eschscholtz, 1821) | 19 | 71 |
| <i>Telenassa teletusa</i> (Godart, [1824]) | | 74 |
| <i>Vanessa braziliensis</i> (Moore, 1883) | 12 | 9 |
| Satyrinae (S = 14) | | |
| <i>Euptychoides castrensis</i> (Schaus, 1902) | | 11 |
| <i>Forsterinaria necys</i> (Godart, [1824]) | | 12 |
| <i>Forsterinaria quantius</i> (Godart, [1824]) | | 3 |
| <i>Guaianaza pronophila</i> (Butler, 1867) | | 74 |
| <i>Hermeuptychia</i> sp.1 | 84 | |
| <i>Hermeuptychia</i> sp.2 | | 48 |
| <i>Moneuptychia griseldis</i> (Weymer, 1911) | | 19 |
| <i>Moneuptychia paeon</i> (Godart, [1824]) | | 92 |
| <i>Morpho epistrophus catenaria</i> (Perry, 1811) | | 235 |
| <i>Morpho portis thamyris</i> C. Felder & R. Felder, 1867 | | 11 |
| <i>Pampasatyrus periphias</i> (Godart, [1824]) | 2 | |
| <i>Paryphthimoides phronius</i> (Godart, [1824]) | | 1 |
| <i>Paryphthimoides poltys</i> (Prittwitz, 1865) | 3 | |
| <i>Yphthimoides celmis</i> (Godart, [1824]) | 9 | |
| PAPILIONIDAE (S = 9) | | |

| Famílias/Subfamílias//Espécies | MR | MA |
|---|-------------|-------------|
| Papilioninae (S = 9) | | |
| <i>Battus polydamas polydamas</i> (Linnaeus, 1758) | 10 | |
| <i>Heraclides anchisiades capys</i> (Hübner, [1809]) | 1 | |
| * <i>Heraclides astyalus astyalus</i> (Godart, 1819) | 6 | 40 |
| * <i>Heraclides hectorides</i> (Esper, 1794) | 1 | 69 |
| * <i>Mimoides lysithous eupatorion</i> (Lucas, [1859]) | 12 | 1 |
| * <i>Mimoides lysithous rurik</i> (Eschscholtz, 1821) | 2 | 36 |
| * <i>Parides agavus</i> (Drury, 1782) | 6 | |
| * <i>Parides anchises nephalion</i> (Godart, 1819) | 2 | 2 |
| * <i>Parides bunichus perrhebus</i> (Boisduval, 1836) | 23 | 3 |
| PIERIDAE (S = 16) | | |
| Coliadinae (S = 8) | | |
| * <i>Eurema albula sinoe</i> (Godart, 1819) | 10 | |
| * <i>Eurema deva deva</i> (Doubleday, 1847) | 4 | |
| <i>Eurema elathea flavescens</i> (Chavannes, 1850) | 6 | |
| * <i>Phoebis argante argante</i> (Fabricius, 1775) | 2 | |
| <i>Phoebis neocypris neocypris</i> (Hübner, [1823]) | 45 | 147 |
| <i>Phoebis sennae marcelina</i> (Cramer, 1777) | 1 | |
| * <i>Pyrisitia leuce leuce</i> (Boisduval, 1836) | 6 | |
| * <i>Pyrisitia nise tenella</i> (Boisduval, 1836) | 6 | 1 |
| Dismorphiinae (S = 7) | | |
| * <i>Dismorphia astyocha</i> Hübner, [1831] | 1 | |
| <i>Dismorphia melia</i> (Godart, [1824]) | | 1 |
| <i>Dismorphia thermesia</i> (Godart, 1819) | | 91 |
| * <i>Enantia lina psamathe</i> (Fabricius, 1793) | 1 | 1 |
| <i>Enantia melite melite</i> (Linnaeus, 1763) | | 8 |
| <i>Hesperocharis paranensis</i> Schaus, 1898 | | 1 |
| <i>Pseudopieris nehemia</i> (Boisduval, 1836) | | 3 |
| Pierinae (S = 1) | | |
| * <i>Theochila maenacte itatiayae</i> (Foetterle, 1902) | 2 | 29 |
| RIODINIDAE (S = 9) | | |
| Euselasiinae (S = 1) | | |
| <i>Euselasia hygenius occulta</i> Stichel, 1919 | 2 | |
| Riodininae (S = 8) | | |
| * <i>Aricoris gauchoana</i> (Stichel, 1910) | 3 | |
| <i>Aricoris signata</i> (Stichel, 1910) | 4 | |
| <i>Charis cadytis</i> Hewitson, 1866 | | 132 |
| <i>Emesis lupina melancholica</i> Stichel, 1916 | | 65 |
| <i>Harveyope sejuncta</i> (Stichel, 1910) | | 4 |
| • <i>Harveyope zerna</i> (Hewitson, 1872) | | 3 |
| * <i>Riodina lysippoides</i> Berg, 1882 | 7 | |
| <i>Stichelia bocchoris</i> (Hewitson, 1876) | | 19 |
| Total | 1050 | 2297 |

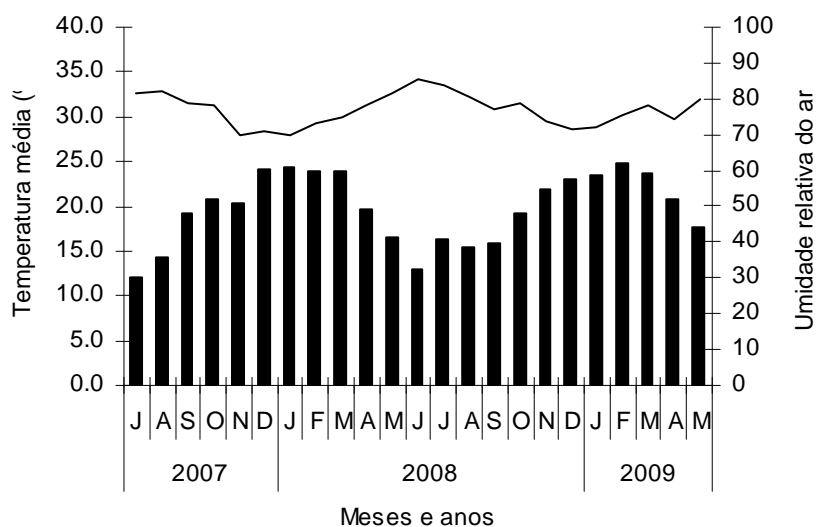
Apêndice 2



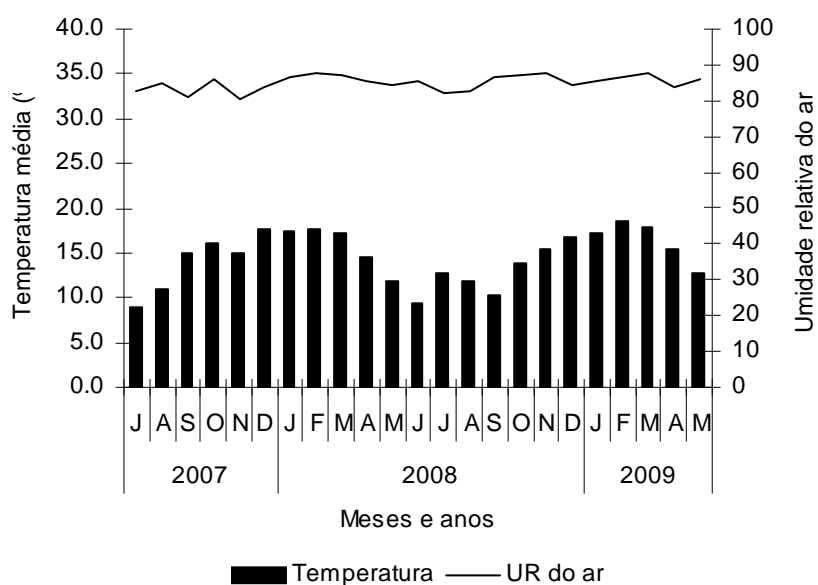
Apêndice 2. Projeção bidimensional do escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) para as formações vegetais e estações do ano. MA: Mata de Araucária, MR: Mata de Restinga.

Apêndice 3

a



b



Apêndice 3. Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar entre julho de 2007 e maio de 2009 para (a) a região metropolitana de Porto Alegre, incluindo o município de Viamão (b) e para a região de Cambará do Sul, incluindo o município de São Francisco de Paula. Dados fornecidos pelo 8º DISME/INMET.

Apêndice 4

Normas para los autores que deseen publicar en

SHILAP Revista de lepidopterología

1. SHILAP Revista de lepidopterología es una revista internacional publicada desde 1973 por la Sociedad Hispano-Luso-Americana de Lepidopterología. Incluye artículos de investigación empírica y teórica en todas las áreas de la Lepidopterología (sistemática, taxonomía, filogenia, morfología, bionomía, ecología, faunística y zoogeografía, también trabajos bibliográficos o sobre la historia de la Lepidopterología, así como revisiones de libros sobre estos temas) procedentes de todas las regiones del mundo, con especial interés en los estudios que de una u otra manera tengan relevancia en la biología de la conservación. Cada volumen consta de cuatro fascículos anuales (un volumen por año) en marzo, junio, septiembre y diciembre.

2. Se permite emplear como idiomas el español, inglés, francés, alemán, italiano y portugués, lenguas oficiales de la revista.

3. El manuscrito versa sobre investigaciones originales no publicadas anteriormente y que se somete en exclusiva a **SHILAP Revista de lepidopterología**, de no ser así deberá comunicarlo urgentemente. El manuscrito se enviará preferentemente en formato electrónico. Se prefiere el archivo en Formato de Texto Enriquecido (RTF). Se requiere una resolución mínima para los archivos: las ilustraciones en color en formato RGB de 24 bits, 300 ppp (puntos por pulgada) en el tamaño de la letra; en la escala de grises de 8 bits, 300 ppp en el tamaño de la letra; el texto en blanco y negro de 1 bits, 1.200 ppp en el tamaño de la letra. También puede presentarlo escrito a máquina y a doble espacio. Se presentará original y dos copias del texto y de las ilustraciones, y se incluirá el mismo texto (en WordPerfect o Word) en disquete (3,5") o en CD.

4. El Director representa la opinión del Consejo de Redacción y hará saber a los autores su fallo sobre la aceptación o no de sus trabajos. Todos los manuscritos serán revisados por el Director y al menos dos revisores independientes en orden de garantizar la calidad de los trabajos. El proceso de revisión es rápido. Basándose en su informe, el Director decide si un manuscrito será aceptado para su publicación. La publicación de los trabajos aceptados se realiza con la mayor rapidez posible, normalmente dentro de los 12 meses siguientes a la recepción de los mismos. Una vez aceptado, el trabajo pasará a ser propiedad de la revista, ésta se reserva los derechos de autor y ninguna parte del trabajo podrá ser reproducida sin citar su procedencia.

5. Todos los artículos deberán llevar un resumen de su contenido en español y otro en cualquiera de los idiomas oficiales de la revista, preferentemente en inglés (Abstract). Para autores que no conocen el español, la traducción del Abstract del inglés al español se realizará por el Director, si el trabajo es aceptado. El resumen será conciso y condensará las conclusiones del trabajo, no incluirá puntos y aparte. Cada uno de los resúmenes deberá ir seguido de un máximo de 10 palabras clave (Key words) en el mismo idioma, separadas por comas. El resumen en idioma diferente al del texto, deberá ir precedido de una traducción del título en inglés.

6. El orden de presentación de los trabajos será: título, autor, resúmenes, texto y bibliografía. En caso de duda, por favor consulten números anteriores de la revista. **Los trabajos que no se ajusten a estas normas serán devueltos a los autores.**

7. DE LOS AUTORES: Presentarán su nombre completo y dirección de contacto. Los nombres de pila de los autores se expresarán mediante las iniciales. Se aconseja a los autores de expresión española que usen los dos apellidos, que los unan mediante un guión.

8. DEL TEXTO: Se recomienda utilizar poco las llamadas infrapaginales, que dificulten la comprensión del trabajo. Las fechas se escribirán como sigue: 15-VII-1985 (o sea, días y años en números arábigos y meses en romanos).

Las menciones de los autores de la bibliografía en el texto, se darán en mayúsculas y con la fecha: LINNAEUS (1758), (LINNAEUS, 1758) o bien HARRY (*in* MOORE, 1980), si hubiese más de dos autores se indicará el primero y, a continuación, *et al.* Si se quieren indicar las páginas, éstas se pospondrán al año separándolas con dos puntos (1968: 65).

Las citas del material capturado deberán hacerse del siguiente modo: País (cuando necesario), provincia, localidad, altitud, sexo de los especímenes, fecha y, entre paréntesis, colector. El símbolo de macho y hembra tiene que ser codificado como (&&) y (&) respectivamente con paréntesis. Los caracteres diacríticos normalmente no incluidos en las fuentes europeas del oeste (por ejemplo: lenguas eslavas, rumano, polaco, turco, etc.) deberán también codificarse; los códigos usados se presentarán en hoja aparte, con una versión impresa del manuscrito.

9. DE LAS ESPECIES Y OTRAS CATEGORÍAS TAXONÓMICAS: Todos los nombres de taxones mencionados en el texto, tanto de los ya establecidos como de los nuevos que se describan, deberán ajustarse a las recientes normas del *Código Internacional de Nomenclatura Zoológica*. Las abreviaturas **gen. n.**, **sp. n.**, **syn. n.**, **comb. n.**, o similar, deberán de usarse explícitamente para todas las innovaciones taxonómicas. En la descripción de un nuevo género, la especie tipo nominal, debe de ser designada en la combinación original y con referencia a la descripción original e inmediatamente después del nuevo nombre. Si en el artículo se describen nuevos taxones, es imprescindible que los tipos estén depositados en alguna institución científica.

Todos los taxones se mencionarán seguidos de su descriptor (con el nombre completo) y la fecha de descripción por lo menos una vez. Las abreviaturas de los autores que son reconocidas internacionalmente pueden utilizarse. Ejemplos: L. (Linnaeus); H.-S. (Herrich-Schäffer); Stgr. (Staudinger), etc.

10. DE LAS ILUSTRACIONES: Los dibujos serán realizados en tinta china, sobre cartulina blanca o papel vegetal DIN A4. Podrán presentarse fotografías que tengan buen contraste. También se pueden publicar láminas en color. **El coste de las láminas en color irá a cargo del autor.**

11. DE LA BIBLIOGRAFÍA: Todos los trabajos irán acompañados de una bibliografía que incluirá únicamente las publicaciones citadas en el texto. Las citas bibliográficas deben hacerse del siguiente modo: autor, año de publicación del trabajo o libro a que se hace referencia, título del trabajo o libro y abreviatura de la revista donde fue publicado de acuerdo al *World List of Scientific Periodicals*, indicándose el volumen, número (entre paréntesis) y páginas. Ejemplos:

Artículos en revista:

SARTO I MONTEYS, V., 1985.- Confirmación de la presencia en la Península Ibérica de *Earias vernana* (Hübner, 1790).- *SHILAP Revta. lepid.*, **13**(49): 39-40.

Artículo en volumen colectivo:

REBEL, H., 1901.- Famil. Pyralidae-Micropterygidae. 2 Theil.- In O. STAUDINGER & H. REBEL. *Catalog der Lepidopteren des palaeartischen Faunengebietes*: 368 pp. R. Friedlander & Sohn, Berlin.

Libro:

HIGGINS, L. G., 1975.- *The Classification of European Butterflies*: 320 pp. Collins, London.

Las citas bibliográficas se relacionarán siguiendo el orden alfabético de los autores. Cuando se haga referencia a más de un trabajo de un mismo autor, las citas bibliográficas correspondientes se relacionarán en orden de antigüedad de los trabajos.

12. DE LAS TABLAS: Llevarán su propia numeración correlativa en cifras romanas, en hojas independientes sin paginar.

13. DE LAS NOTAS Y RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS: De extensión no superior a dos páginas, sin ilustraciones, deben seguir las mismas normas que los artículos.

14. DE LAS PRUEBAS DE IMPRENTA: Los autores recibirán pruebas para corregir cuidadosamente los errores de imprenta. Sólo se permitirán las correcciones de errores tipográficos, el coste de las correcciones de estilo o de texto será cargado a aquellos. Las pruebas deberán ser devueltas dentro del plazo de 15 días a partir de la fecha de recepción. Transcurrido este tiempo, el Consejo de Redacción decidirá entre retrasar su publicación o realizar las correcciones, declinando toda responsabilidad sobre la persistencia de posibles errores. El Consejo de Redacción se reserva el derecho a realizar las modificaciones oportunas para mantener la uniformidad de la revista.

15. DE LAS SEPARATAS: El autor recibirá **25 separatas gratis de su trabajo**; en caso de ser varios los firmantes del trabajo, las separatas se repartirán entre ellos. Si se desea un número mayor de ellas, ello le será comunicado con antelación al Secretario General y el gasto correrá a cargo del autor/es.

16. DE LA CORRESPONDENCIA: Sólo se mantendrá correspondencia con el primer autor firmante, si el autor corresponsal no fuese éste, deberá indicarse por escrito al Secretario General. Caso de incluir fotografías o láminas en color, se requerirá que el autor manifieste por escrito la aceptación de los gastos que éstas generen.

17. DE LOS TRABAJOS: Se remitirán a:

SHILAP
Apartado de Correos, 331
E-28080 Madrid
ESPAÑA / SPAIN

(Instructions to authors in English see other cover)

E-mail: avives@eresmas.net / antoniovives@wanadoo.es

Apêndice 5

Acta Oecologica

GUIDE FOR AUTHORS

Aims & Scope

Acta Oecologica is a venue for the publication of original research articles in ecology. We encourage studies in all areas of ecology, including ecosystem ecology, community ecology, population ecology, conservation ecology and evolutionary ecology. There is no bias with respect to taxon, biome or geographic area. Both theoretical and empirical papers are welcome, but combinations are particularly sought. Priority is given to papers based on explicitly stated hypotheses.

Preparation

Use of wordprocessing software. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts. Use the wordprocessor's features to number automatically the pages and the lines.

Articles should be divided into sections in the following sequence: title page, abstract, keywords, introduction, materials and methods, results, discussion, conclusion, acknowledgements, references, tables, legends of figures and figures.

Subdivision - numbered sections: divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods: provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results: should be clear and concise.

Discussion: this should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions: the main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Results and Discussion section.

Essential title page information

Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

Author names and affiliations. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.

Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Keywords: Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of').

Abbreviations: define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements: collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise.

Tables: number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text: please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication' Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically. Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary.

Examples: Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Apêndice 6

Journal of Insect Science

Editorial Policies - Focus and Scope

Publishes papers in all aspects of the biology of insects and other arthropods from the molecular to the ecological, and their agricultural and medical impact.

- An international journal published by the University of Wisconsin Memorial Library.
- Freely available to individuals and institutions on the World Wide Web.
- No cost inclusion of color figures, videos, sound and large data sets.
- Provides an alternative to excessively priced scientific journals.
- The journal of choice for the publication of high-quality, rigorously refereed papers.

Editor

- Henry Hagedorn, University of Wisconsin-Madison

Peer Review Process

Papers are assigned to Editors by the Editor in Chief. Reviewers are chosen by the Editors. Every attempt is made to obtain two reviews of each manuscript. The Editor will ask advice from members of the Editorial Board when a dispute between reviewers and authors needs to be resolved. The reviewer can provide comments for the authors, and separate comments to the Editor in the spaces provided.

Publication Frequency

Papers will be published as they are accepted and formatted. They will appear online at <http://insectscience.org>, in HTML and pdf format.

Open Access Policy

JIS provides immediate open access to its content. We believe that research supported by public funds should be freely available to the public without delay. There are no subscription fees. A \$250 author fee is charged when a manuscript has been accepted for publication.

Author Guidelines

Format for text and citations

Use doc format, Times New Roman font, 12 point. Single space. Separate paragraphs with a space. Left justify the text. Do not use page breaks.

Include e-mail addresses for all of the authors.

Include full names of all authors, given name, middle initial, family name.

Use bold for titles of major sections (Abstract, Introduction, Methods and Materials, Results, Discussion, Acknowledgments, References) and sub sections within major sections.

Use of the passive voice helps to put the focus on what was done rather than the person doing it. For example saying "Smith (1900) used decapitation to examine the effect of brain factors on egg development" puts the emphasis on Smith. Restating it in the passive voice focuses on the technique used: "Decapitation has been used to examine the effects of brain factors on egg development (Smith, 1900). But there are times when the active voice is more appropriate: "Figure 1 shows the results".

The Methods and Results should be written in the past tense: " "Total RNA was extracted using..." " There was a sharp increase...", but reference to tables and figures is in the present tense: "The data are shown in Table 1" (note that the word data is plural). However, use of the present tense is sometimes appropriate in the Introduction: "The purpose of this paper is...". In contrast, the past tense is best used in the Discussion as when citing previous work done by others, and in making conclusions from your work.

The past tense is appropriate for scientific reports because the work was done in the past under conditions that existed in the past. Use of the present tense violates the basic scientific assumption that it remains to be seen if the results you obtained are repeatable.

Avoid the use of personal pronouns (I, we). Say "The insects were collected." not "I collected the insects." The interest of the reader is what you did, not the fact that you did it, which is obvious from the list of authors. The conclusions drawn from the research should flow directly from the results, not from your opinion of the results. Say "These data show" not "We show". However, personal pronouns are appropriate when you are distinguishing your work from the work of other people: "In contrast to Smith (1980) we found that ...".

Include the taxonomy and authority of the species being studied in both the abstract and text, e.g. *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). The taxonomy and author should not be given for species not used in your study.

The title should include the common name and species name, but not the taxonomy, e.g. the silkworm, *Bombyx mori*, not *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae).

Where possible avoid abbreviations. Species names should substituted by a common name. For example in a paper on the Colorado potato beetle use *L. decemlineata*, not 'CPB' or 'potato beetle'. Do not use *Manduca* for *Manduca sexta*, or *Drosophila* for *Drosophila melanogaster*.

Tables and figures should be included at the end of the text. But tables and figures should also be submitted as Excel and tif documents using the specifications described in the checklist.

Citation format in the text:

References in the text should be cited as follows (Smith et al. 2000; Jones 2003; Williams 2005, 2006, 2007). Note the absence of a comma before the year, the use of a semicolon between citations, and that the references are cited in order with the oldest citation first.

Reference style is shown in the examples below.

Please note that journal names should be fully spelled out in the references. Pay attention to the location of periods and commas.

Wigglesworth VB, Beamont JWL. 1950. The respiratory mechanisms of some insect eggs. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 91(4): 429-452.

Tschinkel WR, 2004. Nest architecture of the Florida harvester ant, *Pogonomyrmex badius*. *Journal of Insect Science*, 4:21, Available online, <http://www.insectscience.org/4.21>.

Books should be cited as follows:

Zar JH. 1996. *Biostatistical Analysis*, 3rd edition. Prentice Hall.

Articles or chapters in a book should be cited as follows:

Bekoff M. 1979. Quantitative studies of three areas of classical ethology: social dominance, behavioral taxonomy and behavioral variability. In: Hazlett BA, Editor. *Quantitative Methods in the Study of Animal Behavior*, pp. 1-47. Academic Press.

Apêndice 7

Methods in Ecology and Evolution

General guidelines - Editorial Policy

Methods in Ecology and Evolution publishes original papers that develop, test and review methods for ecological and evolutionary research. The scope of the journal is wide, including statistical methods, phylogenetic analysis, laboratory techniques, field methodology and the development of methods for conservation. Methods are defined in the widest terms and may be analytical, practical or conceptual. Since the scope is large, contributions should be of the highest quality. Our Standard papers describe new methods and how they may be used. The readership of the journal is wide and we place emphasis on methods that are applicable as broadly as possible.

ARTICLE TYPES

STANDARD PAPERS

The manuscript should be arranged as follows.

Title page. This should contain:

A concise and informative title. Do not include the authorities for any taxonomic names.

A list of authors' names and addresses.

The name, address and e-mail address of the corresponding author. Include a telex or fax number if possible.

A running title not exceeding 45 characters.

A word count of the entire paper including references, tables and figure legends.

Summary. This should outline the purpose of the paper and the main results, conclusions and recommendations, using clear, factual numbered statements. The Summary should follow a formula in which point 1 sets the context and need for the work; point 2 indicates the approach and methods used; the next 2-3 points outline the main results; and the last point identifies the wider implications and relevance to management or policy. The whole Summary should be readily understandable to all the Journal's readers, and must not exceed 350 words.

Key-words. A list in alphabetical order not exceeding 10 words or short phrases. Avoid overlap with the title.

Introduction. State the reason for the work, the context and the hypotheses being tested.

Materials and methods. Include sufficient details for the work to be repeated.

Results. State the results, drawing attention to important details in tables and figures.

Discussion. Point out the importance of the results and place them in the context of previous studies and in relation to the application of the work (expanding on the Synthesis and applications section of the Summary). Where appropriate, set out recommendations for management or policy.

Acknowledgements. Be brief.

References. In the text should be separated by a semi-colon. Papers with more than three authors should be abbreviated: (Manel *et al.* 1999). Work with the same first author and date should be coded by letters: (Thompson *et al.* 1991a,b). References should be listed in chronological order within the text. The references in the list should be in alphabetical order with the journal name in full. The format should be as follows:

Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R. (1996) *Ecology: Individuals, Populations and Communities*, 3rd edn. Blackwell Science, Oxford.

Tuytens, F.A.M. (1999) *The consequences of social perturbation caused by badger removal for the control of bovine tuberculosis in cattle: a study of behaviour, population dynamics and epidemiology*. PhD thesis, University of Oxford, Oxford.

McArthur, W.M. (1993) History of landscape development. *Reintegrating Fragmented Landscapes* (eds R.J. Hobbs & D.A. Saunders), pp. 10-22. Springer Verlag, Berlin.

Hill, M.O., Roy, D.B., Mountford, J.O. & Bunce, R.G.H. (2000) Extending Ellenberg's indicator values to a new area: an algorithmic approach. *Journal of Applied Ecology*, 37, 3-15.

R Development Core Team (2009) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. URL <http://www.R-project.org> [accessed 18 November 2009]

References should be cited as 'in press' only if the paper has been accepted for publication. Work not yet submitted for publication or under review should be cited as 'unpublished data', with the author's initials and surname given; such work should not be included in the Reference section. Any paper cited as 'in press' or under review elsewhere must be uploaded as part of the manuscript submission as a file 'not for review' so that it can be seen by the editors and, if necessary, made available to the referees.

Citations From The World Wide Web. *Methods in Ecology and Evolution* accepts that authors may sometimes wish to cite information available from the world wide web in similar ways to the citation of published literature. In using this option, authors are asked to ensure that:

Fully authenticated addresses are included in the reference list, along with titles, years and authors of the sources being cited, and the most recent date the site was accessed;

The sites or information sources have sufficient longevity and ease of access for others to follow up the citation;

The information is of a scientific quality at least equal to that of peer-reviewed information available in learned scientific journals;

Hard literature sources are used in preference where they are available.

It is likely that official web sites from organisations such as learned societies, government bodies or reputable NGOs will most often satisfy quality criteria.

Tables. These should be referred to in the text as Table 1, etc. Avoid duplication between figures and tables. Units should appear in parentheses after the column or row title. Each table should be on a separate page, numbered and titled, and included at the end of the paper before the figures.

Figures. Figures and their legends should be grouped together at the end of the paper. Figures should be referred to in the text as Fig. 1, Figs 1 & 2, etc. Photographic illustrations should also be referred to as Figures. Figures should appear above their respective legends on separate pages at the end of the paper.

Supporting Information and Appendices. Supporting information may be published in the online version of the article. Instructions for the preparation of Supporting Information are given at <http://authorservices.wiley.com/bauthor/suppmat.asp>.

Scientific Names. Give Latin names in full, together with the naming authority at first mention in the main text. Alternatively, where there are many species, cite a Flora or check-list. Do not give authorities for species cited from published references.