
Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil

THOMAS M. LEWINSOHN^{1*}
ANDRÉ VICTOR L. FREITAS^{1, 2}
PAULO INÁCIO PRADO³

¹ Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 13083-970, São Paulo, Brasil.

² Museu de História Natural, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 13083-970, São Paulo, Brasil.

³ Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 13083-970, São Paulo, Brasil.

* e-mail: thomasl@unicamp.br

RESUMO

Por ser um dos principais países megadiversos do mundo, o Brasil abriga um número imenso de invertebrados terrestres. O conhecimento atual desta biota é extremamente heterogêneo. Diversos táxons são suficientemente conhecidos para serem utilizados como indicadores de integridade ecológica ou de endemismo. As atuais listas vermelhas nacionais e regionais brasileiras incluem 130 espécies de invertebrados terrestres, dos quais 42% são borboletas. Tais listas são bastante dependentes do conhecimento disponível e muitos táxons omitidos certamente incluem espécies ameaçadas. O conhecimento de diversos biomas e habitats é bastante irregular. Há necessidade de mais estudos sobre a Caatinga e o Pantanal, em comparação à Mata Atlântica, à Amazônia e ao Cerrado. As faunas de solo, de dossel e associadas a hospedeiros também necessitam de estudos intensivos. A conservação de invertebrados será promovida mais eficientemente através da preservação e do manejo de habitats do que através de iniciativas de preservação de espécies isoladas. Para esse fim, são necessários estudos geográficos melhores de taxocenoses ou grupos funcionais completos. Uma melhor compreensão do papel dos invertebrados em processos ecossistêmicos fortalecerá enormemente os argumentos para sua conservação.

ABSTRACT

As one of world's prime megadiverse countries, Brazil holds an immense number of terrestrial invertebrates. Current knowledge of this biota is very heterogeneous. Several taxa are sufficiently well-known to be used as indicators of ecological integrity or of endemism. The current Brazilian national and regional red lists include 130 terrestrial invertebrate species, of which 42% are butterflies. These lists are contingent on available knowledge, and many taxa which are omitted certainly include species at risk. Knowledge of various biomes and habitats is also quite irregular, with the Caatinga and Pantanal in need of more study, compared with the Atlantic Forest, the Amazon, and Cerrado. Canopy, host-associated, and soil faunas also need further intensive study. Invertebrate conservation will be promoted

more effectively by habitat preservation and management rather than single-species initiatives. To this end, better geographic surveys of entire taxonomic or functional assemblages are needed. An improved understanding of the invertebrate role in ecosystem processes will strengthen enormously the case for their conservation.

INTRODUÇÃO

A ciência da biologia da conservação é relativamente nova no Brasil, apesar das preocupações manifestadas por Herman von Ihering, diretor do Museu Paulista (hoje Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo), há um século, enfatizando a necessidade de conservação das florestas (Ihering, 1911). A enorme riqueza de espécies vegetais e animais no Brasil, especialmente de invertebrados terrestres, sempre impressionou profundamente naturalistas visitantes, entre eles Darwin, Wallace, Bates e Müller.

Alguns insetos (borboletas, libélulas e besouros metálicos) têm sido coletados e criados, desde o final do século XIX até hoje, por causa de suas asas ou élitros coloridos, especialmente em alguns estados da região Sul do Brasil (Brown & Freitas, 2002). Com a necessidade, tanto de criação em cativeiro quanto de preservação de populações naturais por essa indústria artesanal, seus praticantes tomaram consciência da importância de locais e habitats especiais para tais insetos. Os insetos fortemente coloridos têm o potencial de se tornarem grupos-bandeira em programas de conservação e podem servir como indicadores de qualidade ambiental. Esse potencial foi antecipado por antigas referências a invertebrados brasileiros possivelmente ameaçados (D'Almeida, 1966; Brown, 1970, 1972). Esses mesmos grupos, que são conspicuos e relativamente fáceis de reconhecer e identificar, hoje figuram notavelmente na avaliação e monitoramento de áreas naturais (Brown & Freitas, 2000; Freitas *et al.*, 2003, 2005).

ESPÉCIES AMEAÇADAS

O *status* de conservação dos invertebrados terrestres brasileiros foi sintetizado recentemente em listas de espécies ameaçadas tanto em nível nacional (Bernardes *et al.*, 1990; MMA, 2003) quanto estadual (p. ex., Casagrande *et al.*, 1998; Machado *et al.*, 1998; Governo do Estado de São Paulo, 1998; Bergallo *et al.*, 2000). Apesar destas listas terem ajudado a estabelecer novas reservas, estrategicamente localizadas, para a proteção

de espécies raras, sua maior utilidade tem sido no planejamento de paisagens, no monitoramento e na conservação de biotas inteiras, especialmente nos últimos anos, quando os poucos ecossistemas intocados remanescentes vem sendo progressivamente ocupados.

A Tabela 1 apresenta uma visão geral dos invertebrados da lista oficial da fauna brasileira ameaçada de extinção (MMA, 2003), que têm sido usados para a prospecção visando a conservação. Algumas espécies terrestres que sofreram forte declínio desde o início dos anos 1900 ou que, em alguns casos, não foram encontradas desde então foram incluídas. Essas espécies permanecem nas listas vermelhas na esperança de que, com esforços mais intensivos, venham a ser redescobertas, apesar dos habitats naturais nas suas áreas de distribuição originais terem sido quase totalmente substituídos por paisagens antrópicas. Vastas áreas de floresta natural contínua ainda existem nas encostas mais íngremes do sudeste brasileiro, sobre a maior parte da Amazônia e em algumas áreas de Cerrado, apesar destas últimas estarem sendo rapidamente convertidas em plantações de soja e outras culturas comerciais. Nessas áreas, ainda é possível descobrir espécies não descritas de borboletas e formigas, por exemplo. Em outros grupos altamente diversificados, porém menos conspicuos, a descoberta de novas espécies é comum, até mesmo em áreas urbanas. Uma média de 350 espécies de insetos e aracnídeos foi descrita por ano no Brasil entre 1978 e 1995 (Lewinsohn & Prado, 2002). Essa é uma cifra modesta e o maior limitante da taxa de descrição é o número insuficiente de especialistas para aumentar, organizar e estudar coleções. Os especialistas brasileiros estão conscientes dessa carência e estimam que seria necessário, no mínimo, três vezes mais taxonomistas no país (Lewinsohn & Prado, 2002).

O conteúdo das listas vermelhas brasileiras foi condicionado, na ocasião em que cada uma foi compilada, pelo conhecimento e interesse em grupos particulares, tanto como pela disponibilidade de especialistas nesses grupos. No momento atual, o grupo mais bem representado é, de longe, o das borboletas, correspondendo à 42% dos invertebrados terrestres na lista vermelha. Embora a inclusão em uma lista ser tomada como

TABELA 1 – Invertebrados terrestres usados ou propostos para planejamento de conservação, avaliação de áreas e monitoração no Brasil.

GRUPOS TAXONÔMICOS	ESPÉCIES NO BRASIL ^{a,b}	ESPÉCIES AMEAÇADAS ^c	TIPOS DE INFORMAÇÃO ^d	GRAU DE ESTUDO ^e
Lepidoptera (todos)	26.016	57	a,b,c	1
Borboletas – todas	3.288	55	a,b,c	3
Nymphalidae (atraídas a iscas)	335	11	a,b,c	3
Nymphalidae (Ithomiinae)	54	9	a,b,c	3
Hymenoptera	12.000	7	a,c	1
Formicidae – formigas	2.500	4	a,c	3
Apoidea – abelhas	3.000	3	a	3
Coleoptera	30.000	16	a,c	1
Scarabeidae	1.777	1	a,c	2
Carabidae	1.132	5	a,c	2
Cerambycidae	5.000	2	a	2
Chrysomelidae	4.362	3	a	2
Elateridae	590	0	c	2
Odonata	670	8	a	3
Isoptera	280	0	c	2
Araneae	4.000	8	a,c	2
Opiliones	300	4	a,b	2
Myriapoda	150	4	a	1
Onychophora	4	1	a,c ^f	3
Annelida Oligochaeta	260	3	a,c	2
Mollusca Gastropoda (terrestres)	670	11	a	2

^a Informação em diversos capítulos de Brandão & Cancellato (1999).

^b Número estimado baseado em espécies descritas (Brandão & Cancellato, 1999).

^c Número de espécies ameaçadas baseado em MMA (2003).

^d Veja texto: a = listas vermelhas; b = história natural; e c = uso para avaliação e monitoração de habitat.

^e 1 = pouco além de nomes de espécies; 2 = algumas espécies e grupos bem estudados (taxonomia, ecologia); 3 = muito bem estudados (fonte confiável para informação ambiental).

^f Usado para estabelecer uma reserva; veja detalhes no texto.

uma indicação real de risco, a ausência de todo um grupo taxonômico na lista deve ser interpretada com cautela, pois pode ser resultante da falta de informação, mais que da ausência de risco.

Na Tabela 1 estão excluídos os grupos que, apesar de representados nas listas vermelhas, são pouco conhecidos ou não mencionados em iniciativas de conservação: Amblypygi, Pseudoscorpiones, Collembola, Ephemeroptera e Coleoptera-Dynastidae (16 espécies). Os primeiros três grupos estão listados em função de espécies cavernícolas endêmicas. O único efemeróptero está listado devido à raridade de seu estágio imaturo aquático. A raridade das espécies listadas de besouros-de-chifre (“*Hercules beetles*”) resulta, em grande parte, do interesse que despertam em colecionadores amadores; quase não há informação científica aproveitável sobre esse grupo.

Os Onychophora são um caso a parte. *Peripatus acacioi* Marcus et Marcus tornou-se um objeto de pesquisa favorito num dado momento no país devido à posição sistemática intrigante e às características fisiológicas e farmacêuticas desse grupo. Pesquisadores interessados aproveitaram o momento oportuno para propor uma reserva estadual para proteger essa espécie endêmica (a Estação Ecológica do Tripuí, criada em 1978, com 500ha de floresta predominantemente secundária em Minas Gerais). Até onde sabemos, esse foi o único caso em que um invertebrado terrestre serviu de espécie-bandeira para a criação de uma reserva no Brasil. Isto é digno de nota, pois, no Brasil, os invertebrados geralmente provocam repulsa. Da mesma forma, os artrópodes, com poucas exceções, são encarados como venenosos, repulsivos, pragas ou transmissores de doenças. Além disso, o conhecimento ecológico e taxonômico de

vários dos principais grupos, como Diptera e Homoptera, é restrito ou focalizado em espécies de importância econômica ou médica.

A literatura brasileira contém três tipos de estudos de conservação: (1) avaliação do *status* e das ameaças para as espécies (listas vermelhas); (2) descrições de ecologia, comportamento e demografia (história natural) de espécies ameaçadas, e (3) discussões sobre o uso de bioindicadores para avaliação e monitoramento de habitats. A primeira categoria sintetiza os dados de muitos especialistas, é freqüentemente anedótica e representa a fonte primária de informação para o estabelecimento do estado de conservação de uma espécie, de acordo com protocolos definidos (p. ex., IUCN, 2001). A segunda categoria inclui numerosos estudos de campo de espécies e sistemas naturais ameaçados, fundamentais para o planejamento do uso da terra. Na terceira categoria, estudos sobre diferentes grupos funcionais e/ou taxonômicos fornecem informações importantes para a conservação efetiva e o uso sustentável dos recursos naturais. Esses tipos de informação não estão igualmente distribuídos entre as diferentes espécies e grupos (Tabela 1). As borboletas são as mais representadas nas três categorias, seguidas pelos Hymenoptera, Odonata e Coleoptera (esses com mais informações nas categorias 1 e 3). No entanto, as informações relevantes para a conservação de muitos grupos importantes e diversos de invertebrados terrestres ainda estão essencialmente restritas aos perfis elaborados para as listas vermelhas (veja Brandão & Canello, 1999; Lewinsohn & Prado, 2002).

Os grupos taxonômicos que não constam nas atuais listas de espécies ameaçadas, mas que merecem serem avaliados como bioindicadores, incluem Coleoptera (Carabidae, Staphylinidae e Cicindelidae); alguns grupos de hemípteros, tais como os Pentatomoidea; várias famílias de Diptera, tais como Drosophilidae, Tephritidae e Bibionidae; e algumas mariposas, tais como Geometridae e, especialmente, as Noctuidae (Catocalinae) frugívoras.

COBERTURA GEOGRÁFICA — BIOMAS E HABITATS

Não é necessário expor em detalhe as enormes diferenças no nível de conhecimento taxonômico entre os grupos de invertebrados terrestres. Dado o tamanho do Brasil, também não surpreende que a cobertura da amostragem seja muito desigual entre os biomas ou ecorregiões. Baseado no número de inventários e levantamentos recentemente publicados, os biomas

menos conhecidos são a Caatinga e o Pantanal, enquanto os biomas da Mata Atlântica, Amazônia e Cerrado são melhor estudados (Lewinsohn & Prado, 2002).

Mesmo dentro dos biomas e táxons relativamente melhor estudados, a cobertura geográfica é muito restrita e, freqüentemente, apenas algumas localidades foram amostradas adequadamente. Em vista da reposição (“*turnover*”) de espécies tipicamente elevada entre localidades em regiões tropicais, uma cobertura geográfica extensa é essencial para a prospecção de diversidade e conservação, mas tais dados estão disponíveis para pouquíssimos táxons (p. ex., borboletas da Mata Atlântica, Brown & Freitas, 2000). É evidente a necessidade de mais levantamentos, planejados para avaliar os componentes locais e regionais de conjuntos de espécies e da reposição de espécies inter e intra-habitat (Lewinsohn, 1991). Esses deveriam, se possível, incluir uma gama diversa de táxons e grupos funcionais.

O conhecimento atual e as pesquisas sobre habitats específicos também são muito desiguais. Por exemplo, os levantamentos de invertebrados cavernícolas vêm aumentando constantemente (p. ex., Prous *et al.*, 2004), abrangendo táxons de opiliões e pseudoescorpiões a caramujos e minhocas. Estudos da fauna de dossel florestal (p. ex., Adis *et al.*, 1984), por outro lado, ainda são raros no Brasil em comparação com outros países tropicais, em vista de sua importância e potencial para revelar novas espécies.

RARIDADE, LEVANTAMENTOS FOCALIS E COEXTINÇÕES

Os invertebrados que vivem em outros organismos – parasitas, parasitóides, herbívoros e simbioses – podem abranger metade de todas as espécies vivas (Lewinsohn *et al.*, 2001) e incluem muitos dos grupos menos conhecidos de organismos terrestres, tais como insetos, ácaros e nematódeos. Esses animais, raramente encontrados fora de seus hospedeiros, têm grande chance de serem sub-amostrados através dos métodos tradicionais de coleta. Para revelar essa enorme fração da biodiversidade terrestre, é necessário inventariar seus hospedeiros. Tais inventários focais também fornecem informações sobre as ligações tróficas entre as espécies permitindo, assim, avaliar nas espécies afiliadas os efeitos em cascata resultantes da perda de espécies hospedeiras. Muitos invertebrados, portanto, incorrem no risco adicional da coextinção (Koh *et al.*, 2004), apesar de faltar ainda uma melhor avaliação da extensão deste risco.

Um exemplo bem documentado no Brasil, de invertebrados dependentes de hospedeiros, pode ser encontrado nos insetos que se reproduzem nos capítulos florais da família Asteraceae (Lewinsohn, 1991; Prado *et al.*, 2002). Os capítulos florais fornecem abrigo e alimento para uma fauna extremamente rica de insetos endófitos, que podem ser examinados apenas com a coleta desses órgãos das plantas e a criação dos insetos que abrigam. Uma série extensa de levantamentos focalizados em hospedeiros no Brasil revelou um total de 260 espécies de insetos, 53% dos quais foram moscas frugívoras (Tephritidae), atualmente o grupo melhor estudado (Prado *et al.*, 2002; T.M. Lewinsohn *et al.*, dados não publicados). Pelo menos um terço das espécies de tefritídeos criadas eram previamente desconhecidas e a maioria não possui sequer um único espécime em qualquer coleção entomológica importante (Prado *et al.*, 2002, 2004).

Uma parcela significativa dessa diversidade oculta foi revelada apenas porque nossos levantamentos focados em hospedeiros incluíam plantas raras e endêmicas. Uma subtribo inteira de Asteraceae, as Lychnophorinae, está restrita aos campos rupestres nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. Apesar de sua estreita distribuição geográfica e do tamanho populacional pequeno de muitas espécies, as Lychnophorinae abrigam um conjunto extremamente rico de endófitos, nenhum dos quais conhecido antes do nosso levantamento. Até o momento, foram descritas cinco novas espécies de tefritídeos obtidos a partir de Lychnophorinae, havendo pelo menos mais duas novas espécies e três novos gêneros de moscas frugívoras. Além disso, duas espécies de agromizídeos e duas de microlepidóptera aguardam descrição (Prado *et al.*, 2002; T.M. Lewinsohn *et al.*, dados não publicados).

Esses insetos são especialistas estritos de plantas raras e são, por isso, restritos às pequenas áreas de ocorrência de seus hospedeiros (Prado *et al.*, 2002, 2004). Conseqüentemente, eles sofrem a tripla ameaça da raridade tanto em escala local quanto regional e da sua dependência de hospedeiros endêmicos.

INVERTEBRADOS COMO INDICADORES

Os biólogos têm se apoiado primariamente nos vertebrados e nas plantas superiores como grupos indicadores, seja de unidades ecológicas e paisagísticas, seja de determinadas causas de perturbação e sua intensidade. No entanto, os invertebrados respondem a diferenças mais sutis tanto de habitat quanto de intensidade de

impacto (p. ex. Oliver *et al.*, 1998). Em geral, os invertebrados apresentam respostas demográficas e dispersivas mais rápidas do que organismos com ciclos de vida mais longos. Eles também podem ser amostrados em maior quantidade e em escalas mais refinadas do que os organismos maiores. Essas vantagens são contrabalançadas por dificuldades taxonômicas em muitos, se não na maioria, dos táxons e pelo tempo necessário para processar grandes amostras.

Apesar dessas dificuldades, os artrópodes estão sendo cada vez mais utilizados para avaliar a diversidade e a composição de espécies de habitats ou fisionomias distintas e para avaliar respostas a diferentes regimes de perturbação ou manejo. No Brasil, borboletas e formigas aparecem como indicadores potenciais em muitos relatos (p. ex. Brown & Freitas, 2000; Shoeder *et al.*, 2004), apesar de vários outros grupos também estarem sendo estudados para o mesmo fim.

Um tema destacado em muitos estudos recentes é a resposta de vários táxons à fragmentação de habitats, notavelmente em florestas úmidas ou cerrado. Além de formigas e borboletas, esses estudos enfocam outros grupos, tais como cupins (p. ex., DeSouza & Brown, 1994), rola-bostas (p. ex., Andresen, 2003) e vespas e abelhas (p. ex., Morato & Campos, 2000). A fragmentação geralmente reduz a riqueza ou altera a composição de espécies, mas há exceções. Por exemplo, Tonhasca e colaboradores (2002) não encontraram efeito do tamanho dos fragmentos sobre a riqueza de abelhas euglossíneas na Mata Atlântica, possivelmente devido à sua alta mobilidade e resposta a longa distância às armadilhas de odor com que foram amostradas.

A maioria dos estudos aos quais nos referimos descrevem mudanças na riqueza ou composição de espécies com a fragmentação, porém não buscam suas possíveis causas, exceto através da correlação com características estruturais dos fragmentos. Por exemplo, apesar dos resultados de diversos estudos mostrarem uma redução substancial e persistente de predadores, tais como aves insetívoras (Stouffer & Biergaard, 1995), o suposto efeito dessa redução sobre conjuntos de presas não foi avaliado.

Outro tema no qual os invertebrados aparecem em destaque está relacionado às respostas a diferentes sistemas de perturbação ou de manejo da terra. Muitos estudos, obviamente, enfocam organismos do solo. Por exemplo, as espécies de cupins e minhocas são claramente diferentes entre diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia (Barros *et al.*, 2002), e as minhocas apresentam respostas variáveis às diferentes técnicas de aragem no domínio da Mata Atlântica (Brown *et al.*,

2003). Nas florestas do Sul do Brasil, há diminuição na riqueza e alteração na composição de espécies de platelmintos terrestres com o aumento da perturbação (Carbayo *et al.*, 2002).

INVERTEBRADOS COMO PROVEDORES DE SERVIÇO EM ECOSISTEMAS

As iniciativas de conservação têm evoluído do foco em espécies ou grupos de espécies ameaçadas por vários fatores para uma abordagem mais abrangente, na qual são examinados os efeitos de conjuntos de espécies, ou mesmo de determinadas espécies, sobre processos dos ecossistemas. Com essa mudança de ênfase, as espécies são abordadas não somente como sujeitos afetados pelas condições ou alterações ambientais, mas também como agentes que modificam ou se contra-põem à tais mudanças.

Estudos comparativos de organismos do solo sob diferentes condições ou regimes, tais como aqueles citados na seção anterior, oferecem oportunidades claras para avaliar os efeitos de alterações na riqueza ou na composição de espécies sobre os ecossistemas, mas, até hoje, poucas investigações se propuseram a ir tão longe. No entanto, a importância de tais análises para a conservação vem se tornando mais aparente, já que a manutenção de entidades ecológicas funcionais é percebida como um pré-requisito para a conservação em longo prazo.

Os besouros rola-bosta dos fragmentos de floresta Amazônica mudam em abundância, riqueza de espécies e composição com a fragmentação. Essas mudanças têm efeitos demonstráveis sobre as taxas de decomposição das fezes (Klein, 1989). O estudo de Andresen (2003) sobre esse sistema demonstra que a dispersão secundária e o enterro de sementes também são influenciados pelos rola-bostas, com potenciais efeitos de longo alcance sobre a manutenção ou regeneração da floresta.

Freitas e colaboradores (2005) resumem um estudo que mostrou um aumento notável no número de ninhos de formigas cortadeiras em fragmentos florestais. Eles atribuem isso à redução na pressão de predadores e parasitas, apesar de que processos *bottom-up* relacionados aos recursos vegetais também possam estar envolvidos. Já que as formigas cortadeiras têm forte impacto sobre a vegetação, seu aumento em fragmentos menores pode ter efeitos substanciais sobre a estrutura e a dinâmica do fragmento em longo prazo.

Além de seu papel na reciclagem de nutrientes, incluindo a retenção e a regulação de fluxos, os invertebrados também estão sendo analisados quanto a seus serviços de polinização. Novamente, a efetividade de polinizadores varia com a sua abundância, diversidade e composição. Torna-se cada vez mais aparente que as faunas nativas podem ser essenciais para a polinização tanto de plantas cultivadas quanto da vegetação nativa (Fonseca & Dias, 2004). Mesmo sob duras condições climáticas, como na Caatinga do Nordeste, os insetos são agentes polinizadores para a maioria das plantas (Machado & Lopes, 2004). A conservação de abelhas nativas acarreta uma combinação proveitosa de um serviço essencial ao ecossistema com a produção de mel e própolis, produtos comerciais valiosos que podem ser sustentavelmente explorados em muitas circunstâncias ecológicas distintas. Os insetos são, portanto, alvos importantes da recém-lançada iniciativa em prol dos polinizadores brasileiros (Fonseca & Dias, 2004).

A diversidade e conservação de invertebrados terrestres oferece oportunidades e desafios significativos. A avaliação de prioridades e necessidades de conservação baseada em espécies únicas parece aplicável apenas sob circunstâncias muito particulares. No Brasil, assim como em outros países megadiversos, a conservação de invertebrados será melhor servida por iniciativas voltadas para habitats ou ecossistemas. Levantamentos e análises de conjuntos taxonômicos e funcionais são os mais efetivos para esses fins. Neste sentido, sugerimos algumas prioridades: (1) amostragem geográfica extensiva (utilizando um protocolo comum) dos táxons mais conhecidos através de habitats e ecorregiões distintos para um melhor conhecimento sobre as distribuições espacial e ecológica da diversidade de espécies e a identificação de endemismos; (2) levantamentos focalizados em habitats específicos, incluindo hospedeiros vegetais e animais, de forma a incluir a “maioria invisível”; e (3) mais estudos sobre táxons e grupos de reconhecida importância funcional nos ecossistemas, incluindo aqueles (tais como nematódeos de vida livre) que são difíceis de identificar e que por isto costumam ser ignorados. O futuro da conservação de invertebrados depende da conservação de habitats inteiros e de uma compreensão mais apurada de seus papéis na manutenção dos processos ecossistêmicos.

AGRADECIMENTOS

O trabalho dos autores foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP),

dentro do programa BIOTA-FAPESP (auxílios FAPESP 98/05085-2 concedidas à T.M.L., 98/05101-8, 00/01484-1 e 04/05269-9 à A.V.L.F. e 02/08558-6 à P.I.P.), e pela U.S. National Science Foundation (DEB-0316505 à A.V.L.F.). Agradecemos as licenças concedidas para realizar pesquisas de campo em reservas administradas pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo e pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Somos gratos a muitos colegas e alunos que forneceram informações importantes e auxiliaram no trabalho de campo e a Laura Hafner por ajudar na versão em português. Agradecemos a A.B. Rylands e a um revisor anônimo por comentários proveitosos sobre o texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adis, J., Y. Lubin & G. Montgomery. 1984. Arthropods from the canopy of inundated and terra firme forests near Manaus, Brazil, with critical considerations on the pyrethrum-fogging technique. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 19: 223-236.
- Andresen, E. 2003. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography* 26: 87-97.
- Barros, E., B. Pashanasi, R. Constantino & P. Lavelle. 2002. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. *Biology and Fertility of Soils* 35: 338-347.
- Bergallo, H.G., C.F.D. Rocha, M.A.S. Alves & M. Van Sluys. 2000. A fauna ameaçada de extinção do estado do Rio de Janeiro. Ed. UERJ, Rio de Janeiro.
- Bernardes, A.T., A.B.M. Machado & A.B. Rylands. 1990. Fauna brasileira ameaçada de extinção. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, Brasil.
- Brandão, C.R.F. & E.M. Canello (orgs). 1999. Invertebrados terrestres. In: C.A. Joly & C.E.M. Bicudo (orgs). Biodiversidade do estado de São Paulo. Síntese do conhecimento ao final do século XX. Vol. 5. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo.
- Brown Jr., K.S. & A.V.L. Freitas. 2000. Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica* 32: 934-956.
- Brown Jr., K.S. & A.V.L. Freitas. 2002. Diversidade biológica no alto Juruá: avaliação, causas e manutenção. In: M.M. Carneiro da Cunha & M.M. Almeida (orgs). Enciclopédia da floresta. O alto Juruá: práticas e conhecimentos das populações. pp. 33-42, pranchas 13-16. Companhia das Letras, São Paulo.
- Brown Jr., K.S. 1970. Proposta: uma reserva biológica na Chapada de Guimarães, Mato Grosso. *Brasil Florestal* 4: 17-29.
- Brown Jr., K.S. 1972. The heliconians of Brazil (Lepidoptera: Nymphalidae). Part III. Ecology and biology of *Heliconius nattereri*, a key primitive species near extinction, and comments on the evolutionary development of *Heliconius* and *Eueides*. *Zoologica (New York)* 57: 41-69.
- Brown Jr., K.S. 1991. Conservation of neotropical environments: insects as indicators. In: N.M. Collins & J.A. Thomas (orgs). *The conservation of insects and their habitats*. pp. 349-404 Academic Press, Londres.
- Brown, G.G., N.P. Benito, A. Pasini, K.D. Sautter, M.D. Guimarães & E. Torres. 2003. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil. *Pedobiologia* 47: 764-771.
- Carbayo, F., A.M. Leal-Zanchet & E.M. Vieira. 2002. Terrestrial flatworm (Platyhelminthes: Tricladida: Terricola) diversity versus man-induced disturbance in an ombrophilous forest in southern Brazil. *Biodiversity and Conservation* 11: 1091-1104.
- Casagrande, M.M., O.H.H. Mielke & K.S. Brown Jr. 1998. Borboletas (Lepidoptera) ameaçadas de extinção em Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 15: 241-259.
- D'Almeida, R.F. 1966. Catálogo dos Papilionidae americanos. Sociedade Brasileira de Entomologia, São Paulo, Brasil.
- DeSouza, O.F.F. & V.K. Brown. 1994. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. *Journal of Tropical Ecology* 10: 197-206.
- Fonseca, V.L.I. & B.F.S. Dias. 2004. Brazilian Pollinators Initiative. Disponível em http://eco.ib.usp.br/beelab/bpi_ceara.pdf (acessado em 16 de novembro de 2004).
- Freitas, A.V.L., I.R. Leal, M. Uehara-Prado & L. Iannuzzi. 2005. Insetos como indicadores de conservação da paisagem. In: C.F.D. Rocha, H.G. Bergallo, M. Van Sluys & M.A.S. Alves (orgs.). *Biologia da conservação*. Editora da UERJ, Rio de Janeiro. No prelo.
- Freitas, A.V.L., R.B. Francini & K.S. Brown Jr. 2003. Insetos como indicadores ambientais. In: L. Cullen Jr., R. Rudran & C. Valladares-Pádua, orgs. *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. pp. 125-151. Editora da UFPR, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Curitiba, Brasil.
- Governo do Estado de São Paulo. 1998. Decreto nº. 42.838 de 4 de fevereiro de 1998. Declara as espécies da fauna silvestre ameaçadas de extinção e as provavelmente ameaçadas de extinção no estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente – PROBIO, São Paulo.
- Ihering, H. 1911. Devastação e conservação das matas. *Revista do Museu Paulista* 8: 485-500.
- IUCN. 2001. IUCN Red list categories and criteria. Version 3.1. IUCN, Gland, Suíça e Cambridge, Reino Unido.
- Klein, B.C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. *Ecology* 70: 1715-1725.
- Koh, L.P., R.R. Dunn, N.S. Sodhi, R.K. Colwell, H.C. Proctor & V.S. Smith. 2004. Species coextinctions and the biodiversity crisis. *Science* 305: 1632-1634.
- Lewinsohn, T.M. & P.I. Prado. 2002. Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento. Editora Contexto, São Paulo.
- Lewinsohn, T.M. 1991. Insects in flower heads of Asteraceae in Southeast Brazil: a case study on tropical species richness. In: P.W. Price, T.M. Lewinsohn, G.W. Fernandes, & W.W. Benson (orgs). *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. pp. 525-559. John Wiley, Nova York.

- Lewinsohn, T.M., P.I. Prado & A.M. Almeida. 2001. Inventários bióticos centrados em recursos: insetos fitófagos e plantas hospedeiras. In: I. Garay & B.F.S. Dias (orgs). Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. pp. 174-189. Editora Vozes, Petrópolis, Brasil.
- Machado, A.B.M., G.A.B. Fonseca, R.B. Machado, L.M.S. Aguiar & L.V. Lins (orgs). 1998. Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, Brasil.
- Machado, I.C. & A.V. Lopes. 2004. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany* 94: 365-376.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2003. Anexo à Instrução Normativa nº 3, de 27 de maio de 2003, do Ministério do Meio Ambiente. Lista das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília. Disponível em http://www.ibama.gov.br/fauna/downloads/lista_spp.pdf (acessado em 15 de novembro de 2004).
- Morato, E.F. & L.A.O. Campos. 2000. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Zoologia* 17: 429-444.
- Oliver, I., A. Beattie & A. York. 1998. Spatial fidelity of plant, vertebrate, and invertebrate assemblages in multiple-use forest in eastern Australia. *Conservation Biology* 12: 822-835.
- Prado, P.I., A.L. Norrbom & T.M. Lewinsohn. 2004. New species of *Tomoplagia* Coquillet from capitula of Asteraceae in Brazil (Diptera: Tephritidae). *Neotropical Entomology* 33: 189-211.
- Prado, P.I., T.M. Lewinsohn, A.L. Norrbom, A.M. Almeida, B.D. Buys, A.C.C. Macedo & M.A.B. Lopes. 2002. The fauna of Tephritidae (Diptera) from flowerheads of Asteraceae in Brazil. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 104: 1007-1028.
- Prous, X., R. Ferreira & R.P. Martins. 2004. Ecotone delimitation: Epigean-hypogean transition in cave ecosystems. *Austral Ecology* 29: 374-382.
- Schoereder, J.H., T.G. Sobrinho, C.R. Ribas & R.B.F. Campos. 2004. Colonization and extinction of ant communities in a fragmented landscape. *Austral Ecology* 29: 391-398.
- Stouffer, P.C. & R.O. Bierregaard Jr. 1995. Use of Amazonian forest fragments by understory insectivorous birds. *Ecology* 76: 2429-2445.
- Tonhasca, A., J.L. Blackmer & G.S. Albuquerque. 2002. Abundance and diversity of euglossine bees in the fragmented landscape of the Brazilian Atlantic forest. *Biotropica* 34: 416-422.