

CARLOS A. JOLY

CÉLIO F. B. HADDAD

LUCIANO M. VERDADE

MARIANA CABRAL DE OLIVEIRA

VANDERLAN DA SILVA BOLZANI

ROBERTO G. S. BERLINCK

CARLOS A. JOLY

é professor do Departamento de Biologia Vegetal do Instituto de Biologia da Unicamp.

CÉLIO F. B. HADDAD

é professor do Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências da Unesp – Rio Claro.

LUCIANO M. VERDADE

é professor do Departamento de Ciências Biológicas da Esalq-USP.

MARIANA CABRAL DE OLIVEIRA

é professora do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da USP.

VANDERLAN DA SILVA BOLZANI

é professora do Departamento de Química Orgânica do Instituto de Química da Unesp – Araraquara.

ROBERTO G. S. BERLINCK

é professor do Instituto de Química de São Carlos da USP.

Diagnóstico

da pesquisa em

biodiversidade

no Brasil

RESUMO

A biodiversidade resulta de milhões de anos de evolução biológica e é o componente do sistema de suporte à vida de nosso planeta. Além do valor intrínseco de cada espécie, seu conjunto, bem como o de interações entre espécies e destas com o meio físico-químico, resultam em serviços ecossistêmicos imprescindíveis para manter a vida na Terra. Sendo assim, a ciência da biodiversidade é amplamente reconhecida como área prioritária de investigação científica, tanto nos países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento.

No Brasil, a pesquisa em biodiversidade pode ser dividida em três principais vertentes: 1) descoberta e caracterização da biodiversidade, inclusive marinha e em paisagens alteradas – sistemática e taxonomia; 2) compreensão do funcionamento de ecossistemas e serviços ambientais, inclusive marinhos e em paisagens alteradas; 3) bioprospecção da quimiodiversidade da biota brasileira.

Palavras-chave: biodiversidade, coleções biológicas, repatriação eletrônica.

ABSTRACT

Biodiversity is a result of millions of years of biological evolution, and is the component of the system which supports life on our planet. Besides the intrinsic value of each species, all of them as a whole, as well as of the interactions among the species, and their interaction with the physical and chemical environment, result in ecosystem services vital for supporting life on Earth. Because of that, the science of biodiversity is largely recognized as a priority area of scientific investigation both in developed and developing countries.

In Brazil, the research on biodiversity can be divided in three parts: 1) discovery and characterization of biodiversity – including marine and human-altered landscapes – systematics and taxonomy; 2) understanding the functioning of ecosystems and environmental services, including in marine and human-altered landscapes; 3) bioprospecting of the chemical diversity of the Brazilian biota.

Keywords: *biodiversity, biological collections, electronic repatriation.*

INTRODUÇÃO



biodiversidade resulta de milhões de anos de evolução biológica, e é o componente do sistema de suporte à vida de nosso planeta. Além do valor intrínseco de cada espécie, seu conjunto, bem como

o conjunto de interações entre espécies e destas com o meio físico-químico, resultam em serviços ecossistêmicos imprescindíveis para manter a vida na Terra.

A definição clássica de biodiversidade, adotada pela Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB), faz alusão direta à diversidade genética, que é responsável pela variação entre indivíduos, populações e os grupos taxonômicos das espécies biológicas. Populações e espécies são as unidades evolutivas básicas, que interagem entre si no tempo e no espaço. O conjunto de espécies, e suas interações, formam os ecossistemas, moldados pelas interações com o ambiente abiótico.

A perda de biodiversidade constitui um problema crítico para a existência humana, pois a extinção de uma espécie é irreversível e representa a perda de um genoma único, resultado de um processo evolutivo singular e não repetível.

Sendo assim, a ciência da biodiversidade é amplamente reconhecida como área prioritária de investigação científica, tanto nos países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento. A pesquisa em biodiversidade abrange uma vasta gama de disciplinas científicas básicas, que vão da

sistemática, cada vez mais refinada e utilizando ferramentas de biologia molecular, à ecologia de ecossistemas e macroecologia, passando pela estrutura e dinâmica de populações. O conhecimento gerado pelo estudo da diversidade biológica tem sido utilizado tanto no avanço da biologia da conservação como no desenvolvimento de mecanismos que viabilizem o uso sustentável desse patrimônio natural.

A ciência da biodiversidade inclui o descobrimento/descrição de novas espécies e/ou interações, estudos do processo evolutivo e dos processos ecológicos, juntamente com estudos focados nos serviços ambientais, no valor socioeconômico e cultural da biodiversidade e na definição de mecanismos e estratégias para sua conservação e uso sustentável. Recentemente, a ciência da biodiversidade desenvolveu fortes interfaces com a ciência das mudanças climáticas.

A BIODIVERSIDADE DA REGIÃO NEOTROPICAL

A maior parte da Região Neotropical teve uma evolução singular ao longo de sua formação. Desde o Cretáceo ao final do Terciário, a região ficou completamente isolada por dezenas de milhões de anos, sendo substancialmente transformada com a elevação dos Andes, que se iniciou há cerca de 23 milhões de anos. Resultado do choque das placas da América do Sul e Nazca, a formação gradual dos Andes criou “mares” interiores e inverteu o curso de rios formando grandes lagos (Räsänen et al., 1995) até que a nova drenagem, agora direcionada para o Atlântico, se configurou e gradativamente a Bacia Amazônica tomou as feições atuais.

Ao norte a movimentação das placas do Caribe e Cocos, e a mudança no padrão de deposição de sedimentos marinhos na interface entre os oceanos Atlântico e Pacífico, resultaram na formação da América Central há cerca de 3 milhões de anos. Com o estabelecimento de uma conexão terrestre entre

a Região Neotropical e a Região Neártica, ocorreu uma alteração significativa da fauna neotropical, especialmente de grupos mais recentes como os mamíferos (Burnham & Graham, 1999).

Finalmente, as flutuações climáticas do Quaternário (Ab'Sáber, 1977; Maslin & Burns, 2000; Bush & Oliveira, 2006), com alternância entre períodos mais frios e secos e períodos quentes e úmidos, deram à Região Neotropical as características encontradas pelos homens que aqui chegaram entre 15 mil e 40 mil anos (Santos et al., 2003).

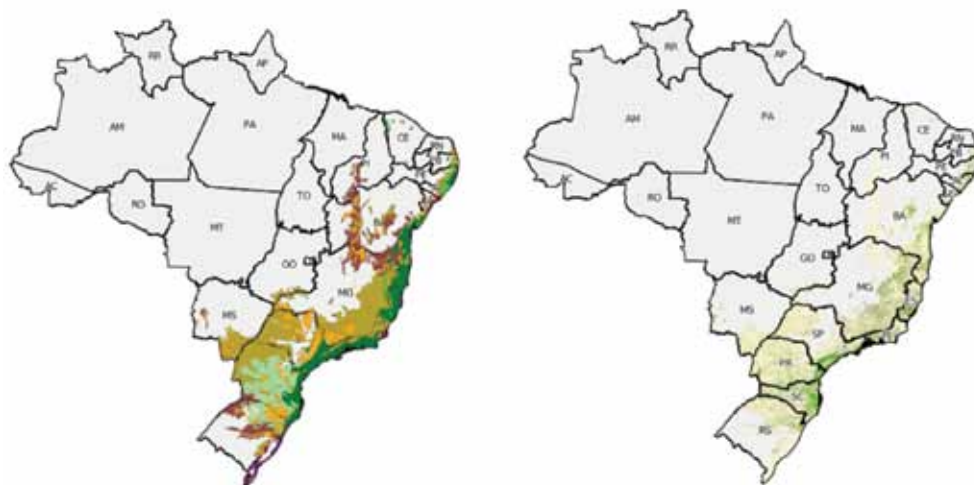
Finalmente, as flutuações climáticas do Quaternário (Ab'Saber, 1977; Maslin & Burns, 2000; Bush & Oliveira, 2006), quando ao longo de milhares de anos ocorreram alternâncias entre períodos mais frios e secos e mais quentes e úmidos, deram à Região Neotropical as características encontradas pelos homens que aqui chegaram, entre 15 mil ou e 40 mil anos atrás (Santos et al., 2003). A expansão e/ou retração de biomas, nos períodos glaciais e interglaciais do Quaternário, resultaram em novas oportunidades de especiação.

O processo lento e gradual de formação geológica da região está, intrinsecamente, relacionado com os elevadíssimos índices

de diversidade de espécies hoje encontrados em países como Brasil, Colômbia Peru e Equador, designados como megadiversos. A chegada do homem no continente sul-americano modificou completamente esse cenário. Os povos que habitavam a região antes do descobrimento possivelmente caçaram algumas espécies até sua extinção, alteraram em pequena escala regiões costeiras e fluviais, implantaram sistemas de cultivo e ocuparam áreas de floresta, de cerrado, de caatinga, bem como de páramos e savanas.

Com a chegada dos europeus a velocidade dos processos de alteração da biodiversidade começa a aumentar, passando da escala de milhares de anos para a escala secular e, quinhentos anos depois do descobrimento, estamos vivenciando uma nova mudança de escala. Mudanças significativas na distribuição de espécies são agora observadas em décadas, e há uma crescente discrepância entre a velocidade das mudanças climáticas e a do processo evolutivo. Espécies longevas – de árvores como o jatobá e o jequitibá, que podem viver mais de duzentos anos – não têm condições de responder evolutivamente as essas mudanças ou migrar para novas áreas, tendendo a desaparecer. O resultado

FIGURA 1
Cobertura original da Mata Atlântica e mapa dos remanescentes atuais



Fonte: Inpe & SOS Mata Atlântica (2008)

FIGURA 2

Cobertura original do Cerrado e mapa dos remanescentes atuais



Fonte: Conservação Internacional 2005 – <http://www.conservation.org.br/arquivos/Mapa%20desmat%20Cerrado.jpg>

é um aumento exponencial nas taxas de extinção de espécies, particularmente na Região Neotropical.

Os principais ciclos econômicos ocorridos no país – como o extrativismo do pau-brasil no século XVI, a cultura canieira que teve início no século XVII, em um subsequente gigantesco impulso no final do século XX e início do século XXI, com o uso do etanol como combustível, o ciclo da mineração no século XVIII, o ciclo do café, no século XIX, e o recente ciclo do papel e celulose –, somados à expansão urbana associada à expansão da infraestrutura viária

e da infraestrutura de geração de energia, reduziram e fragmentaram nossos biomas e alteraram nossas bacias hidrográficas.

Da Mata Atlântica (Figura 1) restam de 11,4 a 16% da cobertura vegetal original (Ribeiro et al., 2009), sendo que, desses, menos de 8% são fragmentos com mais 100 hectares (Inpe & SOS Mata Atlântica, 2008). Do Cerrado (Figura 2) restam menos que 30% (CI, 2005). Esse grau de destruição, associado à alta diversidade biológica e ao alto grau de endemismo desses biomas, os colocou como *hotspots* de biodiversidade (Myers et al., 2000; Figura 3), sendo, por-

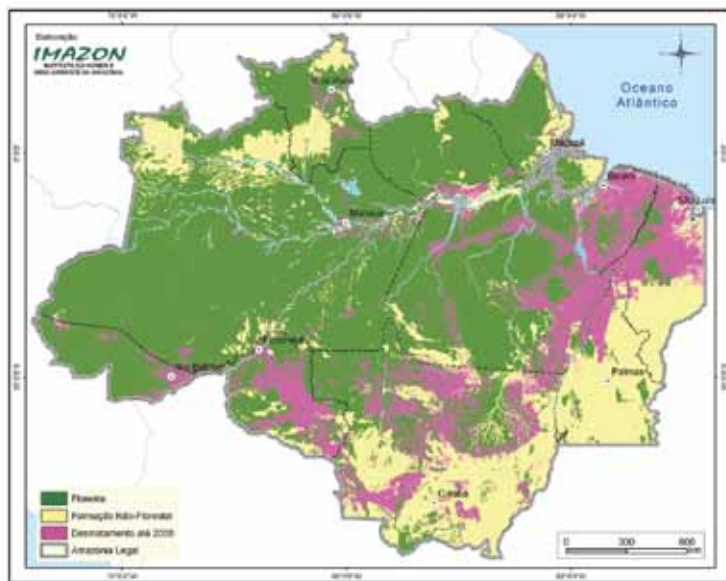
FIGURA 3

As 25 áreas classificadas como *hotspots* de biodiversidade



Fonte: Myers et al. (2000)

FIGURA 4
Desmatamento da Amazônia até 2008



Fonte: Imazon (http://www.imazon.org.br/novo2008/sobreamazonia_1er.php?idpub=726, acesso em 15/12/2010)

tanto, considerados prioritários para ações de conservação.

Colombo & Joly (2010) demonstraram que as mudanças climáticas poderão ter um impacto altamente negativo para espécies arbóreas da Mata Atlântica, reduzindo sua área potencial de ocorrência, mesmo nos cenários mais otimistas de aquecimento global, tal como observado anteriormente para espécies arbóreas do Cerrado (Siqueira & Peterson, 2003).

A Floresta Amazônica brasileira permaneceu quase intacta até o início da era “moderna” do desmatamento, com a inauguração da Rodovia Transamazônica, em 1970. A taxa de perda da floresta aumentou progressivamente de meados da década de 90 até 2004, com um pico em 1995, em especial no “arco do desmatamento”, ao longo das bordas sul e leste. Após atingir um novo pico em 2004, quando a área de floresta desmatada na Amazônia brasileira atingiu índices superiores a 17% (Figura 4), a taxa de desmatamento vem caindo ano a ano (Figura 5).

A PESQUISA EM BIODIVERSIDADE NO BRASIL

Em 2005, Lewinsohn e Prado estimaram que o Brasil abrigava entre 170 mil e 210 mil espécies biológicas conhecidas, o que correspondia a cerca de 10% da biota mundial já estudada. Os mesmos autores projetaram que o número total de espécies biológicas brasileiras seja da ordem de 1,8 milhão de espécies. Esses números dão uma ideia do gigantesco desafio para os pesquisadores brasileiros que atuam nessa grande área que a caracterização, conservação, restauração e uso sustentável da biodiversidade abrange. A seguir listamos e detalhamos algumas linhas de pesquisa fundamentais para o desenvolvimento da ciência da biodiversidade.

1) Descoberta e caracterização da biodiversidade – sistemática e taxonomia

A sistemática tradicional (taxonomia alpha) baseava-se quase que exclusivamente em caracteres morfológicos. Nas últimas décadas passou a utilizar cada vez mais ferramentas da área molecular para estudos filogenéticos. Além disso, para grupos de difícil resolução através de caracteres morfológicos, passou a utilizar técnicas de DNA Barcoding. No caso de microrganismos, a metagenômica tem sido cada vez mais utilizada.

A taxonomia é uma área de pesquisa tradicional e muito bem desenvolvida no Brasil. No diretório de grupos de pesquisa do CNPq são encontrados 255 grupos atuando na área de sistemática/taxonomia (148 grupos na área vegetal, 69 na animal e 38 na de microrganismos), dos quais 173 utilizam ferramentas moleculares em estudos filogenéticos, 28 utilizam técnicas de metagenômica e pelo menos 3 utilizam técnicas de DNA Barcoding.

Os principais grupos de pesquisa nessa área estão, geralmente, associados a instituições que possuem grandes acervos biológicos. Estes constituem uma fonte inesgotável de informação essencial que deverá, no futuro, propiciar descobertas importantes ainda fora do alcance tecnológico desta geração. Representam bancos genéticos em que podem ser armazenadas alíquotas de tecidos, imprescindíveis aos estudos de biologia molecular e biotecnologia. Representam também uma herança cultural, testemunho da rica história do descobrimento e da expansão da sociedade brasileira em seu território nacional, com representantes da flora e fauna já extinta, que um dia fizeram parte dos ecossistemas que foram alterados de forma irreversível pela ação antrópica. Nesse sentido, as coleções constituem uma base de dados essencial para os estudos de caracterização e impacto ambiental.

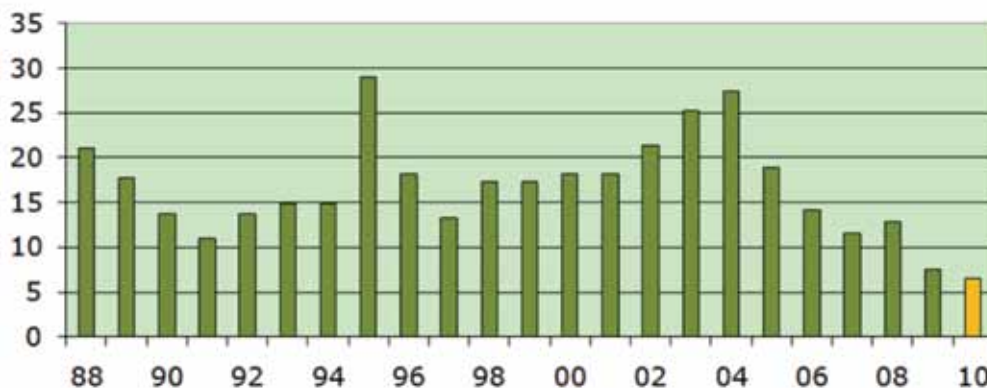
Estima-se que há cerca de 26 milhões de espécimes depositados em coleções brasileiras, sendo, sem sombra de dúvida, o maior acervo do mundo sobre a Região Neotropical. Entretanto, a falta histórica de iniciativa na manutenção de um cadastro nacional de coleções científicas dificulta a elaboração de um panorama efetivo sobre a situação atual dessas coleções. As coleções brasileiras abrigam somente uma fração da biodiversidade, e é notória a escassez de especialistas atuantes no Brasil,

reforçando a impressão de que dificilmente conseguiremos chegar a um quadro de conhecimento adequado da nossa diversidade, especialmente de invertebrados. Por fim, os entraves burocráticos às coletas científicas, fomentados por uma legislação pouco atenta aos interesses nacionais, às necessidades da comunidade científica e à realidade do trabalho de campo, carregam uma parcela significativa do ônus da deficiência de pesquisa sobre a biodiversidade brasileira, por constituírem um empecilho sério ao desenvolvimento da área.

O grupo dos vertebrados é o mais bem representado nas coleções brasileiras e do mundo. Para citar um exemplo, o Museu de Zoologia da USP abriga uma coleção de anfíbios e répteis com mais de 230 mil exemplares, uma das dez maiores do mundo. Apesar do enorme volume de conhecimento produzido nas últimas décadas, ainda existem importantes lacunas acerca dos vertebrados brasileiros. No decorrer dos últimos quinze anos, foram descritas em média, por ano, uma espécie de mamífero, uma de ave, três de réptil, seis de anfíbio e 18 de peixe. A taxa constante de descoberta de novas espécies se deve ao aumento significativo das coleções científicas e ao crescente número de especialistas atuando no Brasil. Por outro lado, os mesmos dados apontam para a necessidade de maiores investimentos na área no intuito de viabilizar a elaboração de

FIGURA 5

Taxa de desmatamento anual da Amazônia Legal (km².ano⁻¹)



Fonte: Inpe (http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/grafico1_prodes2009.pdf, acesso em 15/12/2010)

um quadro mais estável, em médio prazo, sobre a biodiversidade dos vertebrados brasileiros (Zaher & Young, 2003)

Apenas quinze herbários brasileiros possuem um acervo superior a 100 mil exsicatas, estando concentrados na Região Sudeste. Nosso maior herbário (Museu Nacional/RJ) possui cerca de 600 mil exsicatas, enquanto o Museu de História Natural de Paris abriga cerca de 9 milhões de exsicatas. Já o Kew Gardens (UK) e o New York possuem cerca de 7 milhões cada.

O Brasil possui menos do que trinta coleções microbiológicas de culturas. A grande maioria é constituída por coleções de pesquisa que disponibilizam as culturas microbianas de procariontes e eucariontes, bem como de germoplasma, mediante solicitações dos setores acadêmico e produtivo. Poucas são as coleções cujos dados estejam em parte ou totalmente informatizados, bem como disponíveis na Internet.

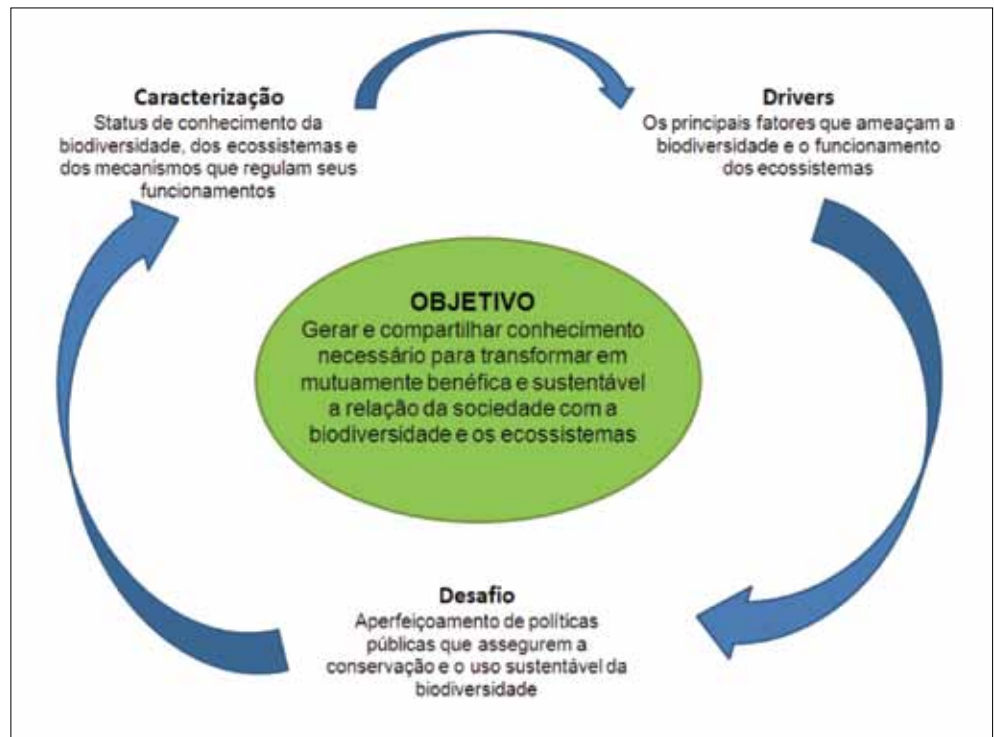
A informatização e disponibilização de dados das coleções biológicas brasileiras foi fortemente impulsionada pelo Projeto speciesLink, iniciado no âmbito do Programa Biota/Fapesp, que reúne hoje informações de 203 coleções e subcoleções, 3.966.916

registros *on-line*, 1.946.705 georreferenciados, 310.024 nomes diferentes de espécies (<http://splink.cria.org.br/>).

2) Compreensão do funcionamento de ecossistemas e serviços ambientais

Bem desenvolvida para ambientes lênticos, especialmente como resultado do esforço de pesquisa iniciado em 1970 pelo grupo do Dr. José Galizia Tundisi na represa do Broa (São Carlos), a compreensão do funcionamento de ecossistemas terrestres ainda está na fase de consolidação no Brasil. No diretório do CNPq há apenas 25 grupos cadastrados, sendo 13 em ambientes terrestres, 10 em ambientes dulciaquícolas e 3 em marinhos. Entretanto, pouquíssimos têm trabalhado na relação entre a riqueza de espécies, o funcionamento do ecossistema e os serviços ambientais.

Idealmente, nessa área, o amadurecimento das pesquisas deve ter como paradigma o diagrama abaixo.



O Programa Biota/Fapesp é um bom exemplo de integração entre o avanço do conhecimento aliado a uma melhor compreensão do funcionamento de ecossistemas e serviços ambientais, utilizados no aperfeiçoamento de políticas públicas de conservação e restauração da biodiversidade (Joly et al., 2010).

BIODIVERSIDADE MARINHA

A maior diversidade de organismos, em termos de linhagens filogenéticas, está no ambiente marinho. Dos 35 filos animais conhecidos, apenas um não tem representantes no ambiente marinho, e 14 são encontrados apenas nos oceanos (Gray, 1997). As principais linhagens filogenéticas de organismos fotossintetizantes também estão presentes no ambiente marinho (Baldauf, 2003). Entretanto, o número de espécies marinhas conhecidas é relativamente baixo, cerca de 200 mil. Embora o número de trabalhos sobre biodiversidade esteja aumentando de modo significativo em todo o mundo, especialmente nas últimas duas décadas, apenas uma pequena fração se refere ao ambiente marinho (Radulovici et al., 2010).

As áreas marinhas consideradas megadiversas estão no Oceano Pacífico, na região da Indonésia. A costa do Brasil compreende, incluindo suas reentrâncias, cerca de 9.198 km de extensão, sem contar as diversas ilhas e arquipélagos, e cerca de 800 mil km² de plataforma continental (Ab'Sáber, 2001), indo de regiões semitemperadas até tropicais e abrangendo os mais diversos ambientes (*e.g.*, costões rochosos, praias arenosas, recifes de coral, mangues, águas costeiras, mar aberto). O conhecimento da biodiversidade no ambiente marinho ainda é muito limitado no Brasil, especialmente em regiões mais profundas. No ano de 2010 foram comemorados os 120 anos de nascimento de W. Besnard e os 60 anos do que foi considerada a primeira expedição oceanográfica brasileira que visitou a Ilha de Trindade, o ponto mais a leste da costa

brasileira, a mais de 1.000 km da costa do Espírito Santo (Marcolin, 2010).

O ambiente marinho apresenta potencialmente uma enorme reserva de biodiversidade que pode ser explorada de maneira sustentável, como fonte de recursos renováveis, incluindo fonte de diversos alimentos e produtos naturais. Apesar disso, o esforço empregado para o conhecimento das espécies marinhas tem sido modesto em comparação ao esforço empregado no ambiente terrestre. A biologia marinha tornou-se uma nova fronteira com implicações globais, mas ainda pouco explorada, principalmente no Brasil.

A biodiversidade marinha tem sido ameaçada por diversos fatores, como a pesca excessiva, a degradação de habitats, poluição pelo aquecimento global, entre outros. Organismos invasores também têm causado danos em várias regiões do mundo, incluindo o Brasil (Gray, 1997; Lopes, 2009). Ambientes costeiros têm sido os mais altamente atingidos pelas atividades humanas, em particular a ocupação da costa sem planejamento e infraestrutura e também o turismo não sustentado. Outras atividades humanas exercem impacto sobre os ambientes costeiros, como a degradação de mangues e de recifes de coral, com impacto direto sobre a pesca local. A acidificação da água do mar ocasionada pelo aumento de CO₂ atmosférico pode ter um enorme impacto sobre inúmeras espécies que apresentam estruturas calcificadas, como moluscos, algas calcárias e recifes de coral (Hall-Spencer et al., 2008). Entretanto, existe um grande desconhecimento de quais impactos a acidificação pode ter na biodiversidade marinha brasileira (Berchez et al., 2008), sem contar a carência de modelos preditivos que integrem alterações climáticas e seus efeitos em diferentes regiões da costa brasileira. Regiões costeiras, especialmente no Sudeste do Brasil, estarão cada vez mais sujeitas a sofrer impactos significativos com o aumento da exploração de petróleo previsto para ocorrer a partir das reservas do Pré-Sal.

Em janeiro de 2009, o governo do estado de São Paulo estabeleceu três grandes áreas

costeiras de proteção ambiental (Apa Litoral Norte, Apa Litoral Centro, Apa Litoral Sul) para organizar e monitorar atividades como a pesca e outras atividades do setor produtivo. Com isso São Paulo passou a ter cerca de 52% de sua área marinha protegida, sendo que a meta proposta no tratado de Nagoya era passar de 1 para 10% de áreas protegidas no ambiente marinho.

A pesquisa sobre a biodiversidade marinha no Brasil é principalmente focada em inventários, taxonomia e ecologia, embora existam também pesquisas em várias outras frentes que incluem: estoques pesqueiros e outros recursos naturais marinhos, bioprospecção, modelagem e genética. A biodiversidade das regiões costeiras vem sendo estudada paulatinamente inclusive com o uso de ferramentas moleculares para auxiliar na identificação das espécies. Além disso, existe a necessidade de indicadores mais eficientes, uma vez que mesmo os indicadores amplamente aceitos, por exemplo, para avaliar o processo pesqueiro, são ainda bastante controversos (Stokstad, 2010). Devido a essas dificuldades e à sua grande biodiversidade, o estudo do ambiente marinho deve ter uma abordagem multidisciplinar e integrar os dados biológicos aos dados ambientais como, hidrodinâmica, temperatura, salinidade, acidificação da água, processos de sedimentação, além das interações entre atmosfera e oceanos e como mudanças globais podem afetar regionalmente a biodiversidade marinha.

Segundo a base de dados do CNPq de grupos de pesquisa, existem cerca de 114 grupos trabalhando em áreas relacionadas à biodiversidade marinha no Brasil, incluindo principalmente taxonomia e ecologia, mas também existem grupos trabalhando com genética, bioprospecção e ecotoxicologia, entre outros. Esses grupos obviamente se concentram nos estados localizados na região da costa da seguinte forma: 48,4% no Sudeste (sendo 28% no Rio de Janeiro e 20,4% em São Paulo); 30% no Nordeste; 18% no Sul e 3,6% no Norte.

Acervos para organismos marinhos estão depositados nas principais coleções

zoológicas e em muitos herbários e coleções de cultura.

Entre as áreas de pesquisa do ambiente marinho que foram consideradas prioritárias no Programa Biota/Fapesp, estão: 1) estudos espaciais e temporais em regiões de mangue, que é um ambiente-chave no ciclo de vida de diversas espécies de importância para a pesca e aquicultura, e que está entre os ambientes mais ameaçados de degradação; 2) determinar e monitorar as populações de dezenas de espécies economicamente relevantes; 3) usar dados gerados para espécies indicadoras para melhorar as políticas de conservação; 4) identificar e monitorar espécies ameaçadas, visando implementar mecanismos para reduzir o risco de extinção; 5) identificar, monitorar e implementar mecanismos de controle para espécies invasoras; 6) promover o treinamento de taxonomistas e apoiar os cursos de pós-graduação na área; 7) estimular a bioprospecção de organismos marinhos, promovendo o seu uso sustentado. Ainda é fundamental apoiar e aumentar a cooperação com iniciativas internacionais, como o The Ocean Biogeographic Information System (Obis) (<http://www.iobis.org/>).

A confirmação da aquisição, pela Fapesp, do navio oceanográfico Alpha Crucis (ex-Moana Nave), construído em 1973 com 64 metros de comprimento e 11 de largura, para apoiar projetos de pesquisa do IO-USP, Biota/Fapesp e Programa Fapesp de Pesquisas em Mudanças Climáticas, assegura o salto qualitativo necessário para as pesquisas em biodiversidade marinha.

BIODIVERSIDADE EM PAISAGENS ALTERADAS

Cerca de 30% (aproximadamente 260 milhões de hectares) do território brasileiro é atualmente ocupado por culturas agrícolas, incluindo pastagens (cerca de 200 milhões de hectares), soja (cerca de 23 milhões de hectares), cana-de-açúcar (cerca de 12 milhões de hectares), silvicultura (eucalipto e pinus,

cerca de cinco milhões de hectares) e outras, incluindo culturas alimentares (cerca de 20 milhões de hectares). Essas culturas agrícolas se espalham sobre os diversos biomas brasileiros, porém majoritariamente sobre a Mata Atlântica e o Cerrado, no Centro-Sul do país (Unica, 2008). Além da fragmentação e perda de área, a expansão da fronteira agrícola causa outros impactos diretos, como a erosão do solo, eutrofização dos cursos d'água, poluição por agroquímicos e introdução de espécies exóticas. Mesmo assim, paisagens agrícolas ainda abrigam uma razoável parte de nossa fauna e flora silvestres (Kronka et al., 2000; Dotta & Verdade, 2007, 2009). Por isso é necessário a priorização dos estudos futuros sobre biodiversidade em paisagens alteradas, incluindo dois aspectos básicos: os diversos impactos causados pelas atividades agrícolas e os processos adaptativos envolvendo a fauna e a flora em tais circunstâncias.

A identificação e a mitigação dos impactos causados pelas diversas formas de produção agrícola baseiam-se em conceitos de ecologia aplicada e requerem usualmente abordagem experimental (Tollefson, 2010). A manutenção de áreas de reserva inseridas nas paisagens agrícolas – em contraposição à sua intensificação – pode resultar não apenas nos padrões de distribuição e abundância da biodiversidade, mas também no aumento de sua diversidade- β (Green et al., 2005) e na manutenção do processo evolutivo (Faith et al., 2010). A discussão atual sobre o Código Florestal Brasileiro deveria ser vista sob esse enfoque (Metzger, 2010; Metzger et al., 2010; Michalski et al., 2010).

Das três instituições que introduziram a biologia evolutiva no Brasil, duas eram diretamente ligadas à agricultura: o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), da Universidade de São Paulo (USP) (Freire-Maia, 1988). A criação do curso de graduação em ciências biológicas e do Programa de Pós-Graduação Interunidades em ecologia aplicada no *campus* “Luiz de Queiroz” da universidade, em Piracicaba, no início do século XXI, reforça essa vocação, mas ainda há muito a ser feito (Almeida et al., 2010).

Estudos sobre processos adaptativos requerem um aprofundamento de nossa base conceitual em genética, ecologia comportamental e ecofisiologia, ainda que sua dimensão temporal já tenha sido bem estabelecida anteriormente (Simpson, 1949; Levins, 1968). Tais estudos requerem também programas de longa duração, que permitam a compreensão de processos de escala espaço-temporal mais ampla (Magurran et al., 2010). Há no Brasil, até o presente, dois programas com essa característica, financiados pelo governo federal: o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), do Ministério da Ciência e Tecnologia (Magnusson et al., 2005), e o Programa de Estudos de Longa Duração (Peld), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Barros, 2004). Em ambos, paisagens alteradas começam a ser contempladas.

As paisagens agrícolas têm não apenas importância socioeconômica, mas também histórica, cultural e biológica. Para que esses valores sejam (re)conhecidos é preciso ampliar os esforços de levantamento, documentação e monitoramento da biodiversidade associada às paisagens agrícolas. Algum esforço nesse sentido já vem sendo feito em áreas originalmente cobertas por mata atlântica, mas quase nada ainda se sabe sobre a biodiversidade de paisagens agrícolas implantadas no bioma cerrado. Também é necessário desenvolver estudos aplicados sobre seus impactos e ampliar nossa base conceitual sobre os processos adaptativos de certas espécies às alterações antrópicas. Dessa forma, será possível ampliar significativamente o valor conservacionista das paisagens agrícolas brasileiras.

BIODIVERSIDADE E BIOPROSPECÇÃO NO BRASIL

A biodiversidade brasileira é uma das mais ricas do planeta: engloba de 15% a 25% de todas as espécies vegetais, com alta taxa de endemismo biológico, dispersa

em biomas únicos. Essa imensa diversidade biológica vem sendo amplamente estudada sob vários aspectos, ao longo de quase sessenta anos de pesquisas multidisciplinares envolvendo químicos, biólogos e farmacologistas. Uma grande variedade de metabólitos micro e macromoleculares foi obtida, e várias substâncias apresentam atividades biológicas e farmacológicas relevantes, com grande potencial para o desenvolvimento de protótipos de fármacos, cosméticos, agroquímicos e suplementos alimentares.

Mesmo com uma biodiversidade incensurável, temos poucos exemplos de sucesso comercial de princípios ativos de nossa biodiversidade. Um exemplo clássico, e de longe o mais importante, foi a descoberta do peptídeo responsável pela conversão da angiotensina a partir do veneno da jararaca por Maurício Oscar da Rocha e Silva e Ricardo H. Ferreira. Essa descoberta levou ao posterior desenvolvimento do captopril, medicamento utilizado há mais de vinte anos para o tratamento de hipertensão.

No Brasil, a pesquisa de descoberta de fármacos e fitoterápicos deveria ser uma vocação natural, em se considerando a biodiversidade brasileira e uma massa crítica técnico-científica, ainda que pequena, profissionalmente capacitada para a realização de empreendimentos dessa natureza. No entanto, o país ainda se mantém no papel de exportador de matérias-primas da sua biodiversidade. Várias empresas multinacionais comercializam produtos oriundos da biodiversidade brasileira, como a Aveda Corporation (EUA), Body-Shop (Grã-Bretanha), Hoescht e Merck (Alemanha). Os principais produtos comercializados são óleos essenciais e corantes de plantas amazônicas.

O potencial econômico da biodiversidade brasileira é difícil de ser definido, uma vez que inexistente levantamento preciso das atividades econômicas a ele relacionadas. Além disso, o valor agregado aos produtos da biodiversidade brasileira é ainda muito baixo, pois são utilizados e comercializados na sua forma bruta. É necessário que a inovação científica e tecnológica fomentada no país ao





longo da última década possa agregar valor à biodiversidade brasileira, com especialistas biólogos, químicos, bioquímicos, farmacologistas, toxicologistas e economistas dando suporte científico e tecnológico ao setor industrial, sendo essa a única forma de explorar racionalmente e de forma sustentada produtos dessa biodiversidade.

O mercado mundial de fitomedicamentos é milionário e pode constituir uma nova forma de aproveitamento da flora, de maneira a contribuir para o desenvolvimento econômico sustentado do Brasil. A produção de medicamentos de plantas da nossa biodiversidade é praticamente inexistente. Vários fatores contribuem para tal quadro: a falta de pesquisa científica colaborativa em todo o processo de desenvolvimento (desde as etapas de isolamento e caracterização de princípios ativos, passando pelos estudos pré-clínicos até os estudos clínicos), a falta de investimentos regulares, e uma política de desenvolvimento e de marcos regulatórios que ainda constituem sérias restrições para o desenvolvimento desse setor. Porém, o mercado brasileiro de fitoterápicos vem crescendo substancialmente, mesmo num ambiente no qual a inovação farmacêutica é incipiente, chegando hoje a quase US\$ 2 milhões.

A cadeia de competitividade produtiva de plantas medicinais no Brasil apresenta uma realidade peculiar. Ao mesmo tempo em que detemos uma diversidade vegetal gigantesca, há um enorme déficit comercial do segmento de plantas medicinais *in natura*. No período compreendido entre 1996 e 2006 as exportações de plantas medicinais *in natura* cresceram 6,6%, enquanto as importações tiveram um incremento de 40,5%. Dessa forma, a balança comercial apresentou um déficit de US\$ 733 mil (1996) para US\$ 3,1 milhões (2006), um aumento de 325,8% no comércio de plantas medicinais. Contudo, observam-se mudanças em decorrência de alguns fatores conjunturais: substituição de importação de vários princípios ativos de plantas medicinais; fortalecimento do mercado interno e das exportações brasileiras de medicamentos e plantas medicinais;

ampliação da competitividade brasileira no setor; desburocratização dos marcos regulatórios da Anvisa e CGEN. Mesmo assim o Brasil continua apresentando um quadro de dependência econômica que poderia ser modificado drasticamente em função da exploração sustentável de nossa biodiversidade. Para tanto, são necessários investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em biotecnologia, química, farmacologia e áreas afins, de projetos com espécies vegetais e substâncias bioativas que possam resultar na obtenção de produtos e desenvolvimento de processos economicamente viáveis.

O acheflan, no mercado desde 2005, foi lançado pelo laboratório farmacêutico Aché. É um anti-inflamatório tóxico, isolado a partir da planta *Cordia verbenacea*, conhecida popularmente como erva-baleeira, utilizada por caixaras para tratar machucados e infecções da pele. Com um investimento estimado em torno de R\$ 15 milhões, esse medicamento genuinamente brasileiro foi desenvolvido para tratar dores crônicas de músculos da face e tendinites. As vendas desse fitoterápico encontram-se em pé de igualdade com as do cataflan, produto sintético de referência no mercado de anti-inflamatórios tóxicos.

Nos últimos anos, também o consumo de cosméticos cresceu significativamente, e o Brasil ocupa uma posição de destaque no mercado mundial no setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos, sendo superado apenas pela China. O Brasil tem hoje cerca de 1.258 empresas do ramo que movimentam mais de R\$ 13 milhões ao ano. Dessas, apenas 16 pequenas empresas encontram-se na Região Norte e extraem produtos da flora local.

A Natura, a maior empresa nacional de cosméticos, vem investindo de forma estratégica em produtos oriundos da nossa biodiversidade, principalmente depois da sua expansão para o mercado internacional, com a abertura de sua filial francesa em 2006. A empresa registrou um lucro líquido de R\$ 167,1 milhões em 2007. Vários acordos de parceria universidade/Natura para viabilização de produtos cosméticos

inovadores contemplam as metas de desenvolvimento de produtos a partir de espécies da flora brasileira de maneira sustentável. Também o Boticário, outra empresa do ramo, completou trinta anos no mercado e vem investindo significativamente em parcerias com universidades e centros de pesquisa objetivando o desenvolvimento de cosméticos e produtos de higiene e limpeza com espécies da biodiversidade brasileira.

A cadeia de inovação de fitoterápicos no Brasil ainda é muito pouco competitiva, mesmo com vários exemplos de potencial econômico constatado. Isso se deve, em parte, à falta de investimentos em pesquisa acadêmica e de PD&I no setor. Se compararmos o preço no mercado externo de 1 kg de soja (US\$0,23) com 1 kg de produtos oriundos da biodiversidade vegetal (US\$ 41,10), verifica-se uma nítida vantagem em termos de valor agregado para os fitoderivados em relação à soja, uma *commodity* tradicional da balança comercial brasileira. Sendo assim, produtos naturais podem constituir material de alto valor econômico se explorados de maneira racional e sustentada.

Mediante o Decreto nº 5.813, de 22 de junho de 2006, o governo federal aprovou a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e instituiu um Grupo Interministerial de Trabalho para a elaboração de um programa nacional sobre o uso de medicamentos oriundos dos biomas brasileiros. Com essa ação governamental se estabeleceu no Brasil a perspectiva de uso sustentável da biodiversidade visando à produção de medicamentos de origem vegetal, dentro dos padrões nacionais e internacionais de regulamentação de medicamentos. Para o governo, a inovação farmacêutica utilizando como matéria-prima plantas da Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga será uma iniciativa primordial para incrementar políticas de conservação de biomas altamente ameaçados, como o Cerrado e a Mata Atlântica.

Ampliar a exploração e uso sustentável da biodiversidade não é uma tarefa simples. Exige ações governamentais no sentido de estimular PD&I, aprimoramento dos marcos regulatórios e da política industrial

e tecnológica nacionais. Tais iniciativas devem constituir um programa de Estado. O governo, indústrias e universidades devem promover iniciativas proativas, aglutinadoras e de importância econômica e social. Os produtos oriundos da nossa biodiversidade devem se tornar produtos para competir no mercado internacional, com forte impacto econômico, social e ambiental para o Brasil. Para tanto, é necessário aumentar e aprimorar a formação de profissionais qualificados, constituir centros de análise e instrumentação com tecnologia de ponta, promover a capacitação de técnicos para o manejo e a sustentabilidade de espécies biológicas e, sobretudo, valorizar o conhecimento científico e tecnológico nacionais. Para tanto, é absolutamente imprescindível que governo e empresas sejam indutores de iniciativas que promovam tal desenvolvimento, em parceria com cientistas das mais diversas especialidades.

O Brasil atual se insere de maneira decisiva num panorama político e econômico favorável em vários aspectos de inovação e desenvolvimento tecnológico. Porém ainda temos um longo caminho pela frente. O país conta com uma massa crítica de pesquisadores e um setor industrial ainda tímidos para PD&I. A exploração racional da biodiversidade exige muita pesquisa em toda a cadeia de desenvolvimento e industrialização para posterior comercialização. A produção de fármacos, seja de origem sintética, extratos *in natura* ou fitoterápicos, é uma questão de política industrial estratégica para o desenvolvimento econômico, social e da saúde do país. A implantação da Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos pode ser um impulso positivo para o setor farmacêutico, levando-se em conta que a PD&I de fitoterápicos é economicamente mais viável, tendo em vista que os investimentos em todo o processo são muito menores. Uma política industrial em consonância com a política governamental também é crucial para a credibilidade e expansão das pesquisas com plantas de reconhecido valor medicinal oriundas da nossa rica biodiversidade. Somente dessa forma será possível promover a exploração

racional e sustentada para o aproveitamento dos recursos da biodiversidade brasileira.

PERSPECTIVAS E PRIORIDADES

Nesta seção são mencionadas, rapidamente, algumas prioridades para o desenvolvimento da ciência da biodiversidade no Brasil:

- 1) Legislação – é imperativo que se defina rapidamente um novo marco legal que livre o pesquisador de processos altamente burocráticos e morosos. A legislação deve incentivar a pesquisa em biodiversidade, serviços ambientais e bioprospecção, tratando o pesquisador como parceiro e não como biopirata em potencial. Essa legislação deve assegurar a proteção, o reconhecimento e a repartição de benefícios com os detentores de conhecimentos tradicionais sobre a biodiversidade, sempre que a utilização sustentável desse conhecimento gerar recursos;
- 2) Investimento de longo prazo na capacitação, formação e treinamento de profissionais em todas as áreas básicas da ciência da biodiversidade, do taxonomista ao químico de produtos naturais, passando pela extremamente carente área de profissionais especializados em bioinformática para biodiversidade. Nesse aspecto é fundamental assegurar também a formação e fixação de curadores de coleções biológicas, inclusive marinhas.
- 3) Delineamento de um programa sistemático, tanto espacialmente como metodologicamente, de inventários da biodiversidade brasileira. Idealmente, esse programa deve estar associado à varredura química de compostos com potencial de aproveitamento econômico. Dentro do possível, técnicas modernas de DNA Barcoding e metagenômica devem ser incorporadas aos inventários. Os estudos taxonômicos devem focar também aspectos evolutivos e filogeográficos. Enfoques ecossistêmicos e de paisagem devem ser utilizados para aprofundarmos o conhecimento sobre

funcionamento de ecossistemas, permitindo posteriormente uma melhor valoração de serviços ambientais. Esses aspectos são importantes tanto para inserir a temática das dimensões humanas da conservação da biodiversidade, como para o avanço da ecologia da conservação.

4) Investimento perene, sólido e assegurado para o desenvolvimento de sistemas de informação em biodiversidade, informatização de coleções biológicas, repatriação eletrônica de espécimens brasileiros depositados em coleções do exterior e digitalização de obras raras de referência imprescindíveis para revisões taxonômicas. Todas essas ferramentas devem ser de acesso público, e desenvolvidas de forma que sejam interoperáveis e com iniciativas internacionais da área, inclusive marinhas, como o Global Biodiversity Information Facility/GBIF, DNA Barcode, GeneBank, etc.

5) Em algumas regiões do país, além do esforço de conservação, será necessário investir consistentemente na restauração da biodiversidade nativa.

6) Espécies exóticas invasoras, inclusive organismos geneticamente modificados, são uma das principais ameaças à biodiversidade nativa, por isso é necessário implantar um programa de longo prazo para monitorar e se possível erradicar essas espécies.

7) As mudanças climáticas globais representam uma das grandes ameaças contemporâneas à conservação da biodiversidade, tanto continental como marinha. Portanto é preciso aperfeiçoar ferramentas de modelagem que avaliem os potenciais impactos dos cenários previstos pelo IPCC nos principais ecossistemas brasileiros. A modelagem do nicho ecológico das espécies evoluiu bastante com o desenvolvimento de ferramentas como Genetic Algorithm

for Rule-set Prediction/GARP, Maximum Entropy/MaxEnt, Geographic Information System for Biodiversity Research/DIVA-GIS, Support Vector Machine/SVM, Ecological Niche Factor Analysis/ENFA. Entretanto, a aplicação ainda é limitada, não permitindo a modelagem de interações bióticas acopladas (modelando, por exemplo, simultaneamente impactos não só nas espécies individualizadas, mas também em processos como polinização e dispersão).

8) No longo prazo a conservação e o uso sustentável da biodiversidade dependem de mobilizar a área educacional, tanto em termos de ensino formal (fundamental, médio e superior) como através de campanhas de conscientização da sociedade como um todo.

9) Considerando que uma parte substancial do material-tipo de espécies brasileiras se encontra em museus e herbários da Europa e dos Estados Unidos, é imperativo que o Brasil estabeleça parcerias que viabilizem a repatriação eletrônica não só dos dados, mas também de imagens escaneadas em alta resolução dos espécimens/exsicatas. Iniciativas como as recentemente firmadas com o Museu de História Natural de Paris e com o Kew Gardens na Grã-Bretanha, precisam ser consolidadas e ampliadas (Projeto Re flora – Edital MCT/CNPq/FNDCT/MEC/Capes/FAPs, nº 056/2010). Além disso, é imperativo que o Brasil participe de iniciativas internacionais como o Global Biodiversity Information Facility/GBIF (<http://www.gbif.org/>), a Diversitas (<http://www.diversitas-international.org/>) e a recém-aprovada pela 65ª Reunião da Assembléia das Nações Unidas – Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services/IPBES (<http://www.ipbes.net/>).

BIBLIOGRAFIA

- AB'SÁBER, A. N. "Os Domínios Morfoclimáticos na América do Sul. Primeira Aproximação", in *Geomorfologia*, 52, 1977, pp. 1-22.
- _____. *Litoral do Brasil, Brazilian Coast*. São Paulo, Metalivros, 2001.

- ALMEIDA JR., A. R.; MOLINA, S. M. G.; MARTIRANI, L. A.; BALLESTER, M. V. R.; GARAVELLO, M. E. P. E.; VERDADE, L. M. & VICTORIA, R. L. "Uma Experiência de Cooperação Interdisciplinar: o Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada", in A. Philippi Jr. & A. Silva-Neto (orgs.). *Interdisciplinaridade na Ciência, Tecnologia & Inovação*. Barueri, Manole, 2011, pp. 298-324.
- BALDAUF, S. L. "The Deep Roots of Eukaryotes", in *Science*, 300, 2003, pp. 1.703-6.
- BARROS, E. G. & LAENDER, A. H. F. "Uma Biblioteca Digital para o PELD Brasil", in *Resumos do Simpósio Internacional sobre Projetos Ecológicos de Longa Duração*. Manaus, CNPq/PELD, 2004, pp. 57-9.
- BERCHEZ, F.; AMANCIO, C. E.; GHILARDI, N. P.; OLIVEIRA FILHO, E. C. "Possíveis Impactos das Mudanças Climáticas Globais nas Comunidades de Organismos Marinhos Bentônicos da Costa Brasileira", in M. S. Buckeridge (org.). *Biologia e Mudanças Globais no Brasil*. 1ª ed. São Carlos, Rima, 2008, v. 1, pp. 167-80.
- BURNHAM, R. J. & GRAHAM, A. "The History of Neotropical Vegetation: new Developments and Status", in *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 86(2), 1999, pp. 546-89.
- BUSH, M. B. & OLIVEIRA, P. E. "The Rise and Fall of the Refugial Hypothesis of Amazonian Speciation: a Paleocological Perspective", in *Biota Neotropica* 6(1). Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n1/en/abstract?point-of-view+bn00106012006>. Acesso em: 15/12/2010.
- COLOMBO, A. F. & JOLY, C. A. "Brazilian Atlantic Forest *Lato Sensu*: the Most Ancient Brazilian Forest, and a Biodiversity Hotspot, Is Highly Threatened by Climate Change", in *Brazilian Journal of Biology* 70(3), 2010, pp. 697-708.
- DOTTA, G. & VERDADE, L. M. "Trophic Categories in a Mammal Assemblage: Diversity in an Agricultural Landscape", in *Biota Neotropica* 7(2), 2007. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/en/fullpaper?bn01207022007+en>. Acesso em: 15/12/2010.
- _____. "Felids in an Agricultural Landscape in São Paulo, Brazil", in *CATNews* 51, 2009, pp. 22-5.
- FAITH, D. P.; MAGALLÓN, S.; HENDRY, A. P.; CONTI, E.; YAHARA, T. & DONAGHUE, M. "Ecosystem Services: an Evolutionary Perspective on the Links Between Biodiversity and Human Well-being", in *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2, 2010, pp. 1-9.
- FERRAZ, K. M. P. M. B.; FERRAZ, S. F. B.; MOREIRA, J. R.; COUTO, H. T. Z. & VERDADE, L. M. "Capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) Distribution in Agroecosystems: a Cross-scale Habitat Analysis", in *Journal of Biogeography* 34(2), 2007, pp. 223-30.
- FERRIERE, R.; DIECKMANN, U. & COUVET, D. COUVET. *Evolutionary Conservation Biology*. Cambridge, Cambridge University Press, 2004.
- FREIRE-MAIA, N. *Teoria da Evolução: de Darwin à Teoria Sintética*. Belo Horizonte, Itatiaia, 1988.
- GRAY, J. S. "Marine Biodiversity: Patterns, Threats and Conservation Needs", in *Biodiversity Conservation* 6, 1997, pp. 153-75.
- GREEN, R. E.; CORNELL, S. J.; SCHARLEMANN, J. P. W. & BALMFORD, A. "Farming and the Fate of Wild Nature", in *Science* 307, 2005, pp. 550-5.
- HALL-SPENCER, J. M.; RODOLFO-METALPA, R.; MARTIN, S.; RANSOME, E.; TURNER, S. M.; ROWLEY, S. J.; TEDESCO, D. & BUIA, M. C. "Volcanic Carbon Dioxide Vents Show Ecosystem Effects of Ocean Acidification", in *Nature* 454, 2008, pp. 96-9.
- HAN, B. A.; KATS, L. B.; POMMERENING, R. C.; FERRER, R. P.; MURRY-EWERS, M. & BLAUSTEIN, A. R. "Behavioral Avoidance of Ultraviolet-B Radiation by Two Species of Neotropical Poison-dart Frogs", in *Biotropica* 39(3), 2007, pp. 433-5.
- INPE & SOS MATA ATLÂNTICA. *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica 2005 a 2008*. Fundação SOS Mata Atlântica, 2008.
- JOLY, C. A.; RODRIGUES, R. R.; METZGER, J. P.; HADDAD, C. F. B.; VERDADE, L. M.; OLIVEIRA, M. C. &

- BOLZANI, V. S. "Biodiversity Conservation Research, Training, and Policy in São Paulo", in *Science* 328(5.984), 2010, pp. 1.358-9.
- KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; YWANE, M. S. S.; LIMA, L. M. P. R.; GUILLAUMON, J. R.; BARRADAS, A. M. F.; PAVÃO, M.; MANETTI, L. A. & BORGIO, S. C. *Mapeamento e Quantificação do Reflorestamento no Estado de São Paulo*. São Paulo, Instituto Florestal, 2000.
- LEVINS, R. *Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations*. Princeton, Princeton University Press, 1968.
- LEWISOHN, T. M. e PRADO, P. I. "How Many Species Are There in Brazil?", in *Conservation Biology* 19, 2005, pp. 619-24.
- LOPES, R. M. *Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil*. Ministério do Meio Ambiente, 2009.
- MAGURRAN, A. E.; BAILLIE, S. R.; BUCKLAND, S. T.; DICK, J. M. C. P.; ELSTON, D. A.; SCOTT, E. M.; SMITH, R. I.; SOMERFIELD, P. J. & WATT, A. D. "Long-term Datasets in Biodiversity Research and Monitoring: Assessing Change in Ecological Communities Through Time", in *TREE* 25(10), 2010, pp. 574-82.
- MARCOLIN, N. "Para Conhecer o Mar", in *Revista Pesquisa Fapesp* 178, 2010, pp. 8-9.
- MASLIN, M. A. & BURNS, S. J. "Reconstruction of the Amazon Basin Effective Moisture Availability over the Past 14,000 Years", in *Science* 290(5.500), 2000, pp. 2.285-87.
- METZGER, J. P. "O Código Florestal Tem Base Científica?", in *Conservação e Natureza* 8(1), 2010, pp. 1-17.
- METZGER, J. P.; LEWISOHN, T. M.; JOLY, C. A.; VERDADE, L. M.; MARTINELLI, L. A. & RODRIGUES, R. R. "Brazilian Law: Full Speed in Reverse?", in *Science* 329, 2010, pp. 277-8.
- MICHALSKI, F.; NORRIS, D. & PERES, C. A. "No Return from Biodiversity Loss", in *Science* 329, 2010, p. 1.282.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. & KENT, J. "Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities", in *Nature* 403, 2000, pp. 853-8.
- PALMEIRA, F. B. L.; CRAWSHAW JR., P. G.; HADDAD, C. M.; FERRAZ, K. M. P. M. B. & VERDADE, L. M. "Cattle Depredation by Puma (*Puma concolor*) and Jaguar (*Panthera onca*) in Northern Goiás, Central-western Brazil", in *Biological Conservation* 141, 2008, pp. 118-25.
- PALOMARES, F.; DELIBES, M.; FERRERAS, P.; FEDRIANI, J. M.; CALZADA, J. & REVILLA, E. "Iberian Lynx in a Fragmented Landscape: Predispersal, Dispersal, and Postdispersal Habitats", in *Conservation Biology* 14(3), 2000, pp. 809-18.
- RADULOVICI, A. E.; ARCHAMBAULT, P. e DUFRESNE, F. "DNA Barcodes for Marine Biodiversity: Moving Fast Forward?", in *Diversity* 2, 2010, pp. 450-72.
- RÄSÄNEN, M. E.; LINNA, A. M.; SANTOS, J. C. R. & NEGRI, F. R. "Late Miocene Tidal Deposits in the Amazonian Foreland Basin", in *Science* 269(5.222), 1995, pp. 386-90.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. "The Brazilian Atlantic Forest: How Much Is Left, and How Is the Remaining Forest Distributed? Implications for Conservation", in *Biological Conservation* 142, 2009, pp. 1.141-53.
- SABERWAL, V. K.; GIBBS, J. P.; CHELLAM, R. & JOHNSINGH, A. J. T. "Lion-human Conflict in the Gir Forest, India", in *Conservation Biology* 8(2), 1994, pp. 501-7.
- SANTOS, G.; BIRD, M. I.; PARENTI, F.; FIFIELD, L. K.; GUIDON, N. & HAUSLADEN, P. A. 2003. "A Revised Chronology of the Lowest Occupation Layer of Pedra Furada Rock Shelter, Piauí, Brazil: the Pleistocene Peopling of the Americas", in *Quaternary Science Reviews* 22, 2003, pp. 2.303-10.
- SIMPSON, G. G. *Tempo and Mode in Evolution*. New York, Columbia University Press, 1949.
- SIQUEIRA, M. F. & PETERSON, A. T. "Consequences of Global Climate Change for Geographic Distri-

- butions of Cerrado Tree Species”, in *Biota Neotropica* 3(2), 2003. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/pt/abstract?article+BN00803022003>. Acesso em: 15/12/2010.
- STOKSTAD, E. “Key Indicator of Ocean Health May Be Flawed”, in *Science* 330, 2010, p. 1.029.
- TOLLEFSON, J. “The Global Farm”, in *Nature*, 466, 2010, pp. 554-6.
- UNICA – União da Indústria Canavieira. 2008. “Estatística de Produção de Açúcar no Brasil”. Disponível em <http://www.unica.com.br/dados/Cotacao/estatistica/>. Acesso em: dezembro de 2010.
- VERDADE, L. M. & CAMPOS, C. B. “How Much Is a Puma Worth? Economic Compensation as an Alternative for the Conflict Between Wildlife Conservation and Livestock Production in Brazil”, in *Biota Neotropica* 4(2), 2004. <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/fullpaper?bn02204022004+en>. Acesso em: 15/12/2010.
- VERDADE, L. M. & FERRAZ, K. M. P. M. B. “Capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) on an Anthropogenic Habitat in Southeastern Brazil”, in *Brazilian Journal of Biology* 66(1b), 2006, pp. 371-8.
- VERDADE, L. M. “The Influence of Hunting Pressure on the Social Behavior of Vertebrates”, in *Revista Brasileira de Biologia* 56(1), 1996, pp. 1-13.
- VERDADE, L. M.; ROSALINO, L. M.; GHELER-COSTA, C.; PEDROSO, N. M. & LYRA-JORGE, M. C. “Adaptation of Mesocarnivores (Mammalia: Carnivora) to Agricultural Landscapes of Mediterranean Europe and Southeastern Brazil: A Trophic Perspective”, in L. M. Rosalino; C. Gheler-Costa (eds.). *Middle-Sized Carnivores in Agricultural Landscapes*. New York, Nova Science Publishers, 2010, pp.1-38.
- MAGNUSSON, William E.; LIMA, Albertina P.; LUIZÃO, Regina; LUIZÃO, Flávio; COSTA, Flávia R. C.; CASTILHO, Carolina Volkmer de e KINUPP, V. F. “RAPELD: a Modification of the Gentry Method for Biodiversity Surveys in Long-term Ecological Research Sites”, in *Biota Neotropica* 5(2), 2005. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/fullpaper?bn01005022005+en>. Acesso em: 15/12/2010.
- ZAHER, H. & YOUNG, P. S. “As Coleções Zoológicas Brasileiras: Panorama e Diagnóstico Atual e Perspectivas para o Futuro”, in *Ciência e Cultura* 55(3), 2003, pp. 24-6.
-