






Biodiversidade e Monitoramento Ambiental Integrado



Biodiversity and Integrated Environmental Monitoring



William Magnusson
Ricardo Braga-Neto • Flávia Pezzini
Fabrício Baccaro • Helena Bergallo
Jerry Penha • Domingos Rodrigues
Luciano M. Verdade • Albertina Lima
Ana Luísa Albernaz • Jean-Marc Hero
Ben Lawson • Carolina Castilho
Débora Drucker • Elisabeth Franklin
Fernando Mendonça • Flávia Costa
Graciliano Galdino • Guy Castley
Jansen Zuanon • Julio do Vale
José Laurindo Campos dos Santos
Regina Luizão • Renato Cintra
Reinaldo I. Barbosa • Antônio Lisboa
Rodrigo V. Koblitz • Cátia Nunes da Cunha
Antonio R. Mendes Pontes







Biodiversidade e Monitoramento Ambiental Integrado

Biodiversity and Integrated Environmental Monitoring

William Magnusson

Ricardo Braga-Neto • Flávia Pezzini

Fabício Baccaro • Helena Bergallo

Jerry Penha • Domingos Rodrigues

Luciano M. Verdade • Albertina Lima

Ana Luísa Albernaz • Jean-Marc Hero

Ben Lawson • Carolina Castilho

Débora Drucker • Elisabeth Franklin

Fernando Mendonça • Flávia Costa

Graciliano Galdino • Guy Castley

Jansen Zuanon • Julio do Vale

José Laurindo Campos dos Santos

Regina Luizão • Renato Cintra

Reinaldo I. Barbosa • Antônio Lisboa

Rodrigo V. Koblitz • Cátia Nunes da Cunha

Antonio R. Mendes Pontes

Manaus

áttemæditorial

2013

Copyright © 2013 Os autores
Todos os direitos reservados.

Coordenação editorial

Ricardo Braga-Neto
William Magnusson
Flávia Pezzini

Autores

William Magnusson • Ricardo Braga-Neto • Flávia Pezzini • Fabrício Baccaro
Helena Bergallo • Jerry Penha • Domingos Rodrigues • Luciano M. Verdade
Albertina Lima • Ana Luísa Albernaz • Jean-Marc Hero • Ben Lawson • Carolina Castilho
Débora Drucker • Elizabeth Franklin • Fernando Mendonça • Flávia Costa • Graciliano Galdino
Guy Castley • Jansen Zuanon • Julio do Vale • José Laurindo Campos dos Santos
Regina Luizão • Renato Cintra • Reinaldo Imbrozio Barbosa • Antônio Lisboa
Rodrigo V. Koblitz • Cátia Nunes da Cunha • Antonio R. Mendes Pontes

Capa, projeto gráfico, diagramação e produção

Áttema Editorial :: Assessoria e Design : www.attemaeditorial.com.br

Fotos

Indicadas na página 335

Tradução

Dos autores

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

Diretor: Adalberto Luís Val

Ficha catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Áttema Editorial, SP, Brasil)

Biodiversidade e monitoramento ambiental integrado [livro eletrônico] = Biodiversity and integrated environmental monitoring / [tradução dos autores]. -- Santo André, SP : Áttema Editorial, 2013.
9.572 Kb ; PDF

Vários autores.

Edição bilíngue: português/inglês.

ISBN 978-85-65551-04-5

1. Biodiversidade - Amazônia 2. Biodiversidade - Conservação - Amazônia 3. Conservação da natureza - Amazônia 4. Ecologia - Amazônia 5. Monitoramento ambiental - Amazônia 6. Proteção ambiental - Amazônia I. Título: Biodiversity and integrated environmental monitoring.

CDD-304.2709811

Índices para catálogo sistemático:

1. Amazônia : Biodiversidade e monitoramento ambiental integrado :
Aspectos socioambientais 304.2709811

Áttema Editorial :: Assessoria e Design

R. Macaúba, 82 • Bairro Paraíso • Santo André • SP • Brasil • CEP 09.190-650
Tel.: +55 (11) 2379.1511 • Tel./Fax: +55 (11) 2379.1512 • E-mail: attema@attema.com.br
Site: <http://www.attemaeditorial.com.br>

**Este livro é dedicado a muitos heróis
anônimos que, apesar de limitações físicas,
financeiras ou educacionais, fazem o trabalho
necessário para reduzir as perdas em
biodiversidade em todo o mundo.**

This book is dedicated to the many
unsung heroes who, despite physical,
financial or educational limitations, do
the work necessary to reduce losses in
biodiversity throughout the world.



Sumário

Summary

Prefácio	08	..... Preface
Capítulo 1	12	..... Chapter 1
As Questões		The Issues
Capítulo 2	28	..... Chapter 2
Pesquisa em Biodiversidade como parte de um Sistema Social		Biodiversity Research as Part of a Social System
Capítulo 3	62	..... Chapter 3
A Organização Espacial da Biodiversidade		The Spatial Organization of Biodiversity
Capítulo 4	136	..... Chapter 4
Representações da Diversidade Biológica		Representations of Biological Diversity
Capítulo 5	202	..... Chapter 5
Monitoramento Ambiental Integrado		Integrated Environmental Monitoring
Capítulo 6	226	..... Chapter 6
Incorporando Parceiros no RAPELD		Incorporating Stakeholders in RAPELD
Capítulo 7	282	..... Chapter 7
Gerenciamento de Dados		Data Management
Epílogo	306	..... Epilogue
Comentários Finais		Final comments
Bibliografia	308	..... References
Créditos das Imagens	334	..... Images Credits
Autores	338	..... Authors
Agradecimentos	344	..... Acknowledgements
Financiadores	348	..... Support

Prefácio

Preface





Da Amazônia para o mundo

Estou com um prato de arroz e feijão em uma das mãos e um garfo na outra - e uma folha. A chuva está martelando as telhas de zinco da sala de jantar. Nós carregamos pilhas de folhas distintas para debaixo dele. Já existem dezenas delas entre as quais meus alunos brasileiros e eu devemos pisar com cuidado. Não consigo encontrar uma pilha de folhas que se pareça minimamente com a que eu tenho em mãos, então criei uma pilha nova e ponho a mão de volta no meu saco plástico em busca da próxima folha. Todos os alunos estão fazendo a mesma coisa, tendo cada um coletado folhas de 20 árvores diferentes no início da tarde. A noite cai rapidamente quando estamos perto do equador, por isso ainda estamos triando nossas folhas mesmo muito tempo após o escurecer. Acabamos com várias centenas de folhas diferentes. É quase certo que representem ainda mais espécies de árvores, uma vez que haverá algumas que não serão possíveis de distinguir apenas pelas suas folhas.

Se eu fizesse isso em minha terra natal, a Inglaterra, haveria apenas um punhado de espécies de árvores - e eu saberia seus nomes comuns desde a infância. Aqui, na Reserva Ducke, nos arredores de Manaus, a lista de uma pequena área pode ultrapassar 400 espécies. A identificação delas é uma tarefa especializada, difícil e demorada. Temos termômetros desde o século 17 e pluviômetros padronizados

From the Amazon to the world

I stand with a plate of rice and beans in one hand and, in the other, a fork — and a leaf. Rain is hammering the dining room's corrugated iron roof. We've moved separate piles of leaves under it. There are already dozens of them, over which my Brazilian students and I must step carefully. I cannot find a pile of leaves that looks anything like the one I have in my hand, so I create a new one, and reach into my plastic bag for the next leaf. The students are all doing the same, having each collected leaves from 20 different trees earlier in the afternoon. Night falls quickly so close to the equator, so we're still sorting through our leaves long after it gets dark. We end up with several hundred different leaves. Almost certainly, they represent even more species of trees since there will be some that one cannot distinguish just by their leaves.

desde o século 19, mas quando se trata de medir a biodiversidade não há nenhum dispositivo simples que se pode colocar em uma floresta para obter uma leitura. No entanto, às vezes tratamos a biodiversidade como se fosse assim tão simples. Será que a estamos perdendo? Há menos dela em florestas secundárias do que em florestas primárias? Será que essa floresta tem mais dela do que uma campina? O que vai acontecer com as mudanças climáticas? Há muitas perguntas: a curiosidade científica sobre a variedade da vida é ilimitada.

Como este importante livro deixa claro, as questões sobre a biodiversidade estão longe de ser puramente científicas. A biodiversidade importa. Nossas necessidades para avaliá-la se incorporam em um complexo de questões colocadas por gestores, políticos, aqueles que vivem ou se beneficiam de qualquer outra forma dela. Aqueles que sabem sobre a biodiversidade incluem botânicos profissionais que podem identificar árvores e grupos bastante distintos de profissionais que conhecem sapos ou mamíferos, mas também um grande número de amadores apaixonados por pássaros, borboletas ou orquídeas. Incluem aqueles que vivem da extração de recursos naturais e os povos indígenas com inúmeras gerações de conhecimento tradicional.

E então, há as questões relacionadas a quem os dados estão destinados e com que finalidade. A Grã-Bretanha, um país pobre em biodiversidade, se deleita pela sua rica tradição de excêntricos, incluindo historiadores naturais. Aqueles que, por décadas, escreveram em seus diários quando as plantas floresciam

Doing this in my native Britain, one would have only a handful of tree species — and I would have known their common names from childhood. Here, at Reserva Ducke, just outside Manaus, the list from a small area can exceed 400 species. Identifying them is a specialised, difficult, and time-consuming task. We've had thermometers since the 17th century and standard rain gauges since the 19th, but when it comes to measuring biodiversity, there is no simple device one can place in a forest and get a reading. Nonetheless, we sometimes treat it as if it were that simple. Are we losing it? Is there less of it in secondary forest than in primary forest? Does this forest have more of it than that grassland? What will happen as the climate changes? There are many questions: scientific curiosity about the variety of life is unbounded.

As this important book makes clear, questions about biodiversity are far from purely scientific. Biodiversity matters. Our needs to assess it embed in a complex of questions posed by managers, policy makers, and those who live in, or otherwise benefit from biodiversity. Those who know about biodiversity, include the professional botanists who can identify the trees, quite separate sets of professionals who do frogs, or mammals, but also legions of amateurs who express passion for birds, butterflies, or orchids. They include those who make a living from extracting natural resources and indigenous peoples with countless generations of traditional knowledge.

Then there are the questions of for whom are the data intended and for what purpose? Britain, near the bottom of the biodiversity-league tables, delights in its rich tradition of eccentrics, natural historians included. Those who, for decades, wrote in their diaries when

primeiro na primavera, involuntariamente forneceram as comparações mais convincentes de como o aquecimento global mudou agora a fenologia das plantas. Levantamentos regulares são muito caros para acontecerem apenas pelo seu próprio propósito. Então, como podemos garantir que os dados coletados hoje serão úteis para fins que ainda não podemos imaginar em um momento qualquer no futuro? Ou então, como fornecer comparações com outro local que possamos pesquisar algum dia?

Em nenhum outro lugar estas e outras perguntas sobre a biodiversidade dominam nossa atenção mais do que na Amazônia. A região tem mais espécies de quase tudo do que qualquer outro lugar. Se isso não for o caso, então pode ser que esta lista de espécies esteja incompleta ou que as espécies ainda não sejam conhecidas pela ciência. Independentemente disso, é um dos maiores e menos acessíveis lugares do planeta. Neste livro, Bill Magnusson e seus colegas se preocuparam com estas e muitas outras questões vitais, fornecendo o diálogo ponderado de que todos nós precisamos. Você não deveria ir para o campo com binóculos, puçá ou prensa na mão sem antes ter lido este livro.

Dr. Stuart L. Pimm

Professor de Ecologia da Conservação
 Faculdade Nicholas de Meio Ambiente da
 Universidade de Duke

plants first flowered in the springtime unwittingly provided the most compelling comparisons of how global warming has now changed plant phenology. Regular surveying is far too expensive to happen just for its own sake. So, how do we ensure that data collected now will be useful for purposes we cannot yet imagine at some unspecified time in the future? Or provide comparisons to some other place that we might survey someday?

Nowhere do these and other questions about biodiversity command our attention more than in the Amazon. It has more species of just about everything than anywhere else. If it doesn't, then it may just be that this list of species is incomplete, or that the species are not yet known to science. Quite independently of this, it's one of the planet's largest, least accessible places. In this book, Bill Magnusson and his colleagues have worried about these and so many other vital questions and provided the thoughtful dialogue we all need. One should not leave for the bush, with binoculars, butterfly net, or plant press in hand, without having read this book first.

Dr. Stuart L. Pimm

Doris Duke Professor of Conservation Ecology
 Nicholas School of the Environment at Duke
 University

Capítulo I
Chapter I





As questões

Os livros refletem a experiência de seus autores e este não é uma exceção. No início dos anos 90 realizamos uma experiência com a ideia de aplicar sistemas de monitoramento e de avaliação da biodiversidade na Amazônia Brasileira. A princípio, isto pareceu fácil e usávamos métodos já testados e confiáveis para coletar dados e produzir artigos científicos. No entanto, logo descobrimos uma grande distância entre as justificativas dadas na introdução dos artigos, que sempre levaram a crer que alguém usaria a informação para o planejamento do uso da terra, e o verdadeiro uso dos dados pelos tomadores de decisões, normalmente inexistente. Esta situação é típica de grande parte das pesquisas supostamente aplicadas (Curtin 2010). Como afirmou Caro (2010), “a maior parte

The Issues

Books reflect the experience of their authors, and this one is no exception. In the early 1990s, we experimented with the idea of applying biodiversity monitoring and evaluation systems in the Brazilian Amazon. At first, this seemed easy, and we used tried and true methods to collect data and produce scientific papers. However, we soon found a huge gap between the justifications we gave in the introduction to the papers, which always implied that someone would use the information for land-use management, and the actual use of the data by decision makers, which was usually nonexistent. This situation is typical of much purportedly applied research (Curtin 2010). As stated by Caro (2010), “The majority of the research is not

das pesquisas ainda não estão voltadas para solucionar os problemas da conservação no mundo real e o desafio é direcioná-las para esse objetivo”. Obviamente, as publicações aumentaram nossa reputação e algumas vezes fomos consultados pelas pessoas que tomam as decisões, mas isto está longe do que foi implicado nos artigos - de que outros poderiam usar os dados para tomar decisões melhores.

De acordo com a Fundação Nacional para a Ciência dos Estados Unidos (National Science Foundation 2002), “a biodiversidade e os ecossistemas saudáveis que a mantém sustentam nossa economia e maneira de viver, proporcionando à nação ar puro, água limpa, alimento, roupas, abrigo, remédios e satisfação estética”. Antes de analisar outras formas de monitorar a biodiversidade, é importante esclarecer um mal entendido comum do valor da biodiversidade em oposição ao da produção de outros serviços, tais como novos produtos ou processos para a indústria (por exemplo, Beattie *et al.* 2011), ou proteção dos estoques de água e carbono (por exemplo, Pollini 2009, Southgate & Wunder 2009, Nepstad *et al.* 2011). Embora a importância de paisagens florestadas para a proteção de bacias hidrográficas seja conhecida há muito tempo (por exemplo, Freitas *et al.* 2006), pouca extensão de terra é hoje preservada devido às preocupações com os estoques de água e carbono. **A maior parte das terras atualmente em reservas foi selecionada para proteger a biodiversidade ou paisagens espetaculares,**

yet aimed at solving conservation problems in the real world and the challenge is to edge it in that direction.” Obviously, the publications increased our reputations, and we were sometimes consulted by decision makers, but this is far from what the papers implied; that others could use the data to make better decisions.

According to the US National Science Foundation (2002), “Biodiversity and the healthy ecosystems that underpin it sustain our economy and way of life, providing the nation with clean air, clean water, food, clothing, shelter, medicines, and aesthetic enjoyment”. Before considering further ways of monitoring biodiversity, it is important to clear up a common misunderstanding of the value of biodiversity as opposed to the production of other services, such as new products or processes for industry (e.g. Beattie *et al.* 2011), or protection of water and carbon stocks (e.g. Pollini 2009, Southgate and Wunder 2009, Nepstad *et al.* 2011). Although the importance of forested landscapes for the protection of catchments has been known for a long time (e.g. Freitas *et al.* 2006), very little land today is reserved because of concerns about water or carbon stocks. **Most reserved land today was set aside to protect biodiversity or spectacular landscapes,** though sometimes it is set aside to maintain cultural values of indigenous groups who have strong ties to biodiversity.

Conservation areas contribute enormously to national economies through environmental services, but they receive very little in return (e.g. Medeiros *et al.* 2011). In contrast to the very modest amounts paid for other environmental services, enormous investments are made in most countries to maintain biological reserves,

embora ocasionalmente seja reservada para manter valores culturais de grupos indígenas que possuem laços fortes com a biodiversidade.

As áreas de conservação contribuem enormemente para a economia nacional através dos serviços ambientais, mas o retorno recebido é mínimo (por exemplo, Medeiros *et al.* 2011). Em contraste com as quantias modestas pagas por outros serviços ambientais, na maior parte dos países, são feitos investimentos enormes para manutenção de reservas biológicas, tais como parques nacionais, e os cidadãos pagam altos custos de oportunidade (por exemplo, Chiozza *et al.* 2010) porque não podem usar essas terras para outros fins. Pagamentos por outros serviços ambientais podem ser um complemento financeiro útil para algumas reservas, mas propostas para o pagamento de serviços ambientais, tais

such as national parks, and the citizens pay large opportunity costs (e.g. Chiozza *et al.* 2010) because they cannot use those lands for other purposes. Payments for other environmental services may be a useful financial complement for some reserves, but proposals for payment of environmental services, such as maintenance of carbon stocks, may divert attention from the areas most critical for conserving biodiversity (e.g. Grainger *et al.* 2011, Ferraro 2011). At the moment, other environmental services are piggy backing on biodiversity, and those interested in biodiversity conservation should not let people with other agendas imply otherwise.

Biodiversity was fashionable in the 1990s and it remains today, as many researchers and organizations were engaged in biodiversity research. It therefore came as a shock to us that none of the systems proposed for biodiversity monitoring seemed to meet the requirements of land managers, although many were generating publications in highly



- *Aranha papa-mosca do gênero Hypaeus (Salticidae). Ainda que conheçamos cada vez mais a biodiversidade, é preciso integrar as pesquisas científicas em um contexto mais amplo.*
- *Jumping spider, genus Hypaeus (Salticidae). Although we know increasingly more about biodiversity, we need to integrate scientific research in a broader context.*

como a manutenção de estoques de carbono, podem desviar a atenção de áreas mais críticas para a conservação da biodiversidade (por exemplo, Grainger *et al.* 2011, Ferraro 2011). No momento, outros serviços ambientais estão sendo carregados pela biodiversidade e aqueles interessados na conservação desta não deveriam deixar que pessoas com outras agendas sugerissem o contrário.

A biodiversidade esteve em moda nos anos 90 e permanece até hoje, uma vez que muitos pesquisadores e organizações foram se engajando nas pesquisas. Foi um choque, portanto, descobrir que nenhum dos sistemas propostos para o monitoramento da biodiversidade satisfazia as exigências das pessoas responsáveis pela gestão territorial, embora muitos estivessem gerando publicações em jornais científicos altamente conceituados. Um dos principais problemas era a escala. Cada método havia sido otimizado para uma escala particular, tanto espacial quanto taxonômica, mas os tomadores de decisão fazem parte de um sistema político que tem que levar em conta as necessidades das pessoas que operam em muitas escalas diferentes e com interesses em muitos aspectos distintos da biodiversidade (Curtin 2010). Como afirmou Gardner (2010), “sem um reconhecimento claro do amplo contexto social dentro do qual o processo de monitoramento está situado, e dos valores latentes da conservação que definem o objetivo final do monitoramento, mesmo os programas de monitoramento mais fortes tecnicamente estarão destinados a falhar”. Assim,

rated scientific journals. One of the principle problems was scale. Each method had been optimized for a particular spatial or taxonomic scale, but decision makers are part of a political system that has to take into account the needs of people operating at many different scales, with interests in many different aspects of biodiversity (Curtin 2010). As stated by Gardner (2010) “Without a clear recognition of the broader societal context within which the monitoring process is situated and the underlying conservation values that define the ultimate purpose of monitoring, even the most technically robust monitoring programmes will be committed to failure.” Therefore, **we started a process of reflection about political systems, data gathering, and decision making**, which we will try to share in Chapter 2.

The upshot of our agonizing over biodiversity and decision making was that we designed our own system, RAPELD (Magnusson *et al.* 2005), that we will use to illustrate the concepts that we consider are most critical. However, the techniques used in RAPELD are very conventional. It did not appear worthwhile to completely replace tried and true methods that have been developed by many competent biologists over tens or hundreds of years, and we expect that technological advances will refine or replace many of these techniques in the near future, independent of the system in which they are used. RAPELD is about the **spatial standardization that is critical to answer most of the questions raised by decision makers**, while allowing for flexibility and innovation. Chapter 3 is about the importance of scale, and how a standardized design can be used across several different scales of interest to decision makers.



- *Crianças indígenas em Belém do Solimões. Considerar o contexto social é imprescindível para conservar efetivamente a biodiversidade.*
- *Indigenous children at Belém do Solimões. To consider the social context is essential for effective biodiversity conservation.*

começamos um processo de reflexão sobre sistemas políticos, compilação de dados e tomada de decisão, que tentaremos compartilhar no Capítulo 2.

O resultado da nossa preocupação com a biodiversidade e a tomada de decisões levou-nos a construir nosso próprio sistema, o sistema RAPELD (Magnusson *et al.* 2005), o qual usaremos para ilustrar os conceitos que consideramos mais críticos. No entanto, as técnicas usadas no RAPELD são muito convencionais. A substituição total de métodos já experimentados e confiáveis, desenvolvidos por biólogos competentes a dezenas e centenas de anos, não parecia valer a pena. Além disso, esperamos que os avanços tecnológicos aprimorem ou substituam

There are almost as many definitions of biodiversity as there are people who use the term. Biodiversity is potentially more complex than culture, and nobody would try to reduce culture to one or a few dimensions, but biologists continue to try to reduce biodiversity to a few key numbers. What you consider biodiversity to be depends on your experience and cultural background. The tendency to simplify reflects in part the experience of the biologists, and in part the difficulty of measuring the concepts we are interested in. Ostfeld and Jones (2010) carried out one of the most successful long-term studies of the interactions among history, climate, biological interactions and human diseases and concluded “We found it important to free ourselves from our personal taxonomic preferences and biases, collaborating extensively to consolidate

muitas dessas técnicas em um futuro próximo, independentemente do sistema no qual serão usadas. O RAPELD aborda a **padronização espacial que é crucial para responder à maior parte das questões levantadas pelos tomadores de decisão**, permitindo a flexibilidade e a inovação. O Capítulo 3 aborda a importância da escala e como um desenho padronizado pode ser usado em várias escalas de interesse para os tomadores de decisão.

Existem quase tantas definições de biodiversidade quanto o número de pessoas que usam o termo. A biodiversidade é potencialmente mais complexa que a cultura e ninguém tentaria reduzir a cultura a uma ou poucas dimensões, entretanto, os biólogos continuam tentando reduzir a biodiversidade a uns poucos números fundamentais. O que você considera ser a biodiversidade depende de sua experiência e cultura. A tendência para simplificar reflete em parte a experiência dos biólogos e a dificuldade de medir os conceitos nos quais estamos interessados. Ostfeld e Jones (2010) realizaram um dos mais bem sucedidos estudos de longa duração sobre as interações entre história, clima, interações biológicas e doenças humanas, concluindo: “Achamos importante nos livrarmos de nossas preferências taxonômicas pessoais e preconceitos, colaborando amplamente para consolidar o conhecimento necessário”. **Todas as decisões sobre biodiversidade são feitas usando-se alguma medida que pensamos representar a essência do problema.** Isto é, as



- *Plaquetas marcando a distância ao longo de uma trilha RAPELD. A padronização da amostragem em diferentes escalas espaciais é necessária para fornecer informações relevantes para os tomadores de decisão.*
- *Tags marking the distance along a RAPELD trail. Standardization of sampling at different spatial scales is necessary to provide information relevant to decision makers.*

the necessary expertise.” **All decisions about biodiversity are made using some measure that we think represents the essence of the problem.** That is, decisions are made using surrogates, and the decisions cannot be better than the ability of the surrogates to represent what is important to us and others (Faith and Walker 1996, Brooks *et al.* 2004, Caro 2010). In chapter 4, we will consider measures of biodiversity and what they might represent to decision makers.

To be useful to decision makers, biodiversity research must be integrated with studies of the physical and chemical environments. Biodiversity is a product of, and influences

decisões são tomadas usando-se substitutos e elas não podem ser melhores do que a habilidade dos substitutos para representar o que é importante para nós e para os outros (Faith & Walker 1996, Brooks *et al.* 2004, Caro 2010). No Capítulo 4 consideraremos as medidas da biodiversidade e o que podem representar para os tomadores de decisão.

Para ser útil aos tomadores de decisão, a pesquisa em biodiversidade deve estar integrada aos estudos sobre o meio ambiente físico e químico. A biodiversidade é um produto destes e influencia profundamente os processos físicos e químicos na superfície da terra. Na realidade, a vida como a conhecemos é somente possível por causa de mudanças extremas na atmosfera causadas por organismos em um passado remoto. Para entender estes processos, temos que ser capazes de combinar os estudos biológicos às escalas usadas pelos cientistas das ciências físicas (Spadavecchia *et al.* 2011) e isso, muitas vezes, envolve sensoriamento remoto. Como enfatizou Andelman (2011), os pesquisadores devem sair de suas zonas de conforto e aprender a pensar grande e mais rápido. Métodos padronizados de monitoramento são tão importantes para a avaliação dos serviços ecossistêmicos como para outros aspectos relacionados à biodiversidade. Holland *et al.* (2011) comentaram que “devido à falta de amostragens replicadas espacial e temporalmente nos monitoramentos, tais relações são frequentemente avaliadas usando dados de períodos de tempo distintos. Isso pode levar a diferentes

profundamente, the physical and chemical processes on the surface of the earth. In fact, life as we know it is only possible because of the extreme changes in the atmosphere brought about by organisms in the remote past. To understand these processes, we must be able to match the biological studies to the scales used by scientists from the physical sciences (Spadavecchia *et al.* 2011), and this often involves remote sensing. As emphasized by Andelman (2011), researchers must come out of their comfort zones and learn to think bigger and faster. Standardized methods of monitoring are as important for evaluation of ecosystem services as for other aspects related to biodiversity. Holland *et al.* (2011) commented “Due to the lack of temporally and spatially replicated monitoring surveys, such relationships are often assessed using data from disparate time periods. This can lead to differing conclusions being reached about the relationships between services.” Chapter 5 is about **integration of biodiversity and physical sciences**.

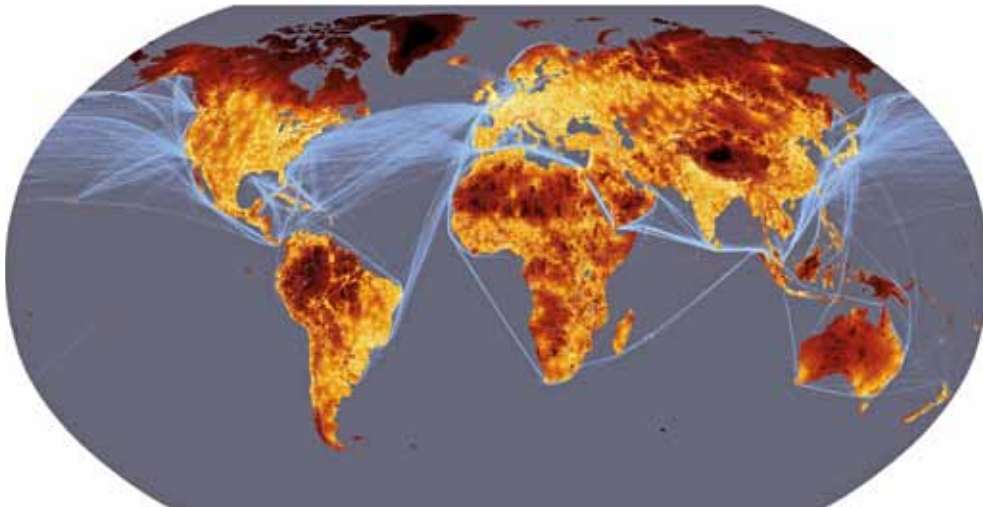
There are way too few scientists in the major centers of academic learning to survey all biodiversity, and those academic scientists often lack the traditional knowledge and bushcraft to recognize biodiversity when they meet it in the field. Access is an important attribute of a research site (Lindenmayer and Likens 2010), but much of the world’s biodiversity is remote from larger centers, and complex logistics may be required to reach survey sites. Such places can only be continuously monitored by local people. Therefore, a biodiversity monitoring program must be able to take advantage of, and meet the needs of, local people, who often have more accumulated knowledge about local biodiversity than any academic researcher

conclusões sendo alcançadas sobre as relações entre os serviços”. O Capítulo 5 fala sobre a **integração de estudos da biodiversidade com os das ciências físicas**.

Existem poucos cientistas nos maiores centros acadêmicos para fazer levantamentos de toda a biodiversidade e estes muitas vezes carecem do conhecimento tradicional necessário para reconhecer a biodiversidade quando a encontram no campo. O acesso ao local da pesquisa é um atributo importante (Lindenmayer & Likens 2010), mas a maior parte da biodiversidade do mundo fica em lugares remotos, longe dos grandes centros e logísticas complexas podem ser necessárias para se chegar aos lugares das pesquisas. Esses lugares só podem ser monitorados continuamente por pessoas locais.

(e.g. Silvius *et al.* 2004, Curtin 2010). Often those people are hungry for information that will allow them to integrate traditional knowledge into modern technological advances and generate economic returns from biodiversity. Chapter 6 is about **the difficulties and opportunities for incorporating local people and traditional knowledge in biodiversity research**.

We used to think that human influence was local, and decisions made at the local level affect only a small proportion of the world. We now know that is false, and that humans influence every part of the surface of the Earth and, to varying extents, parts above and below the surface (Pimm 2001). Until the middle of the 20th Century, we could not effectively think globally because the time scales to obtain information from the other side of the planet were too great. Now we have technology to



● Mapa da acessibilidade relativa de diferentes regiões da terra. Quanto mais escura a cor, maior a necessidade de padronizar a infraestrutura do campo para garantir uma cobertura adequada (Fonte: <http://bioval.jrc.ec.europa.eu/>).

● Map of relative accessibility of different regions of the Earth. The darker the color, the greater the need for standardized field infrastructure to guarantee adequate coverage (Source: <http://bioval.jrc.ec.europa.eu/>).



- *Fábrica de farinha, Rio Curuá-Una. Incorporar pessoas locais e conhecimento tradicional é tanto um desafio quanto uma oportunidade para a pesquisa em biodiversidade.*
- *Making manioc meal, Curuá-Una River. Incorporating local people and traditional knowledge is both a challenge and an opportunity for biodiversity research.*

Portanto, o programa de monitoramento da biodiversidade deve estar apto a aproveitar e conhecer as necessidades da população local que, muitas vezes, tem um conhecimento acumulado da biodiversidade local maior do que qualquer pesquisador acadêmico (por exemplo, Silvius *et al.* 2004, Curtin 2010). Frequentemente, essas pessoas estão sedentas por informação que lhes permitirá integrar o conhecimento tradicional aos avanços tecnológicos modernos e gerar retornos econômicos provenientes da biodiversidade. O Capítulo 6 é sobre as **dificuldades e oportunidades para incorporar as pessoas locais e o conhecimento tradicional à pesquisa da biodiversidade**.

Costumávamos pensar que a influência humana era local e que decisões

communicate with persons on the other side of the globe in essentially real time. Someone in China can contribute to a data repository that will be used by someone in Ecuador to make decisions about the management of the Galapagos Islands. As citizens, we use the new technology well, but as biologists we have generally not been trained in communication at the global level, especially in relation to data management. Chapter 7 is **about data management and how we can make our research more relevant to more people**, including decision makers.

Field data collection is underappreciated and undervalued (Lindenmayer and Likens 2011). Ostfeld and Jones (2010) stated “We found a focus on natural history to be critical. Despite being considered unfashionable, it helped us to identify what is connected to what”. However field research is only one aspect of biodiversity research. The

tomadas no nível local afetam somente uma pequena proporção do mundo. Agora sabemos que isso não é verdade e que os seres humanos influenciam cada parte da superfície da terra em extensões variáveis, além de partes acima e abaixo da superfície (Pimm 2001). Até a metade do século XX não podíamos pensar efetivamente de uma forma global porque o tempo para obter informações do outro lado do planeta era grande demais. Agora temos tecnologia para nos comunicarmos com as pessoas do outro lado do mundo praticamente em tempo real. Alguém na China pode contribuir com um repositório de dados que será usado por alguém no Equador para tomar decisões sobre o manejo das Ilhas Galápagos. Como cidadãos, usamos bem a nova tecnologia, mas como biólogos geralmente não fomos treinados em comunicação em escala global, especialmente em relação ao gerenciamento de dados. O Capítulo 7 é sobre **o gerenciamento de dados e como podemos tornar nossa pesquisa mais relevante para um maior número de pessoas**, incluindo os tomadores de decisão.

A coleta de dados em campo é pouco apreciada e desvalorizada (Lindenmayer & Likens 2011). Ostfeld e Jones (2010) afirmaram: “Encontramos um foco na história natural que é crítico. Embora seja considerado ultrapassado, nos ajudou a identificar o que está conectado com o quê”. No entanto, a pesquisa de campo é apenas um aspecto da pesquisa da biodiversidade. O sistema RAPELD que discutiremos em detalhe neste livro deve ser colocado

RAPELD system we will discuss in some detail in this book has to be placed in a larger scientific program that includes museum and herbarium collections, genetics and physiology laboratories, geophysical processes and studies of cultural values of biodiversity. In Brazil and some other countries, this larger program is known as the Program for Planned Biodiversity Research (PPBio – <http://ppbio.inpa.gov.br>). In some ways, RAPELD cannot exist without the PPBio, but they are not synonymous. Some authors, who do not believe in standardization above the level of individual studies, have criticized the PPBio, but it is obvious from their criticisms that they were only referring to RAPELD, and most of their suggestions were for actions that have long been part of the PPBio.

The focus of this book is on field data collection, but in almost all



- *Oficina sobre o uso do sistema Metacat.
Manejar de forma adequada os dados é tão relevante quanto produzir conhecimento.*
- *Workshop about the use of Metacat system.
To manage properly the data is as important as producing knowledge.*

em um programa científico maior que incluía coleções de museus e herbários, laboratórios de genética e fisiologia, processos geofísicos e estudos de valores culturais da biodiversidade. No Brasil e em alguns outros países, este programa maior é conhecido como o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio – <http://ppbio.inpa.gov.br>). De certa forma, o RAPELD não pode existir sem o PPBio, mas não são sinônimos. Alguns autores, que não acreditam em padronização acima do nível dos estudos individuais, criticaram o PPBio, mas fica óbvio por suas críticas que estavam se referindo somente ao RAPELD e a maior parte de suas sugestões foi para ações que durante muito tempo têm sido parte do PPBio. **O foco deste livro está voltado para a coleta de dados em campo, mas em quase todos os capítulos teremos que situá-lo em um contexto científico mais amplo e discutir o PPBio.**

Existem muitos livros bons sobre biodiversidade e um número crescente sobre monitoramento ambiental. Por exemplo, Lindenmayer e Likens (2010) escreveram um livro sobre monitoramento ecológico que resume a maior parte das informações e está repleto de ótimas percepções de dois ecólogos muito experientes. O livro de Gardner (2010) sobre monitoramento da biodiversidade resume a maior parte da literatura sobre monitoramento dos ecossistemas florestais e deveria ser lido por pesquisadores interessados em sistemas de florestas tropicais. Eymann *et al.* (2010) compilaram trabalhos úteis



- *Identificação de material biológico no laboratório. Embora o foco deste livro seja em coleta de dados em campo, coleções biológicas e estudos diversos são parte de um contexto científico mais amplo.*
- *Identification of biological material in the laboratory. Although the focus of this book is on field data collection, biological collections and other studies are part of a broader scientific context.*

chapters we will have to put that into a larger scientific context and discuss the PPBio.

There are many good books on biodiversity, and an increasing number on environmental monitoring. For instance, Lindenmayer and Likens (2010) wrote a book on ecological monitoring that summarizes much of the literature, and is full of wonderful insights from two very experienced ecologists. Gardner's (2010) book on biodiversity monitoring summarizes much of the literature on monitoring forest ecosystems, and should be read by researchers interested in tropical forest systems. Eymann *et al.* (2010) edited an extremely useful compilation of papers on biodiversity from a taxonomic perspective. Writing papers to warn against monitoring

sobre a biodiversidade de um ponto de vista taxonômico. Escrever artigos para alertar contra monitoramento sem objetivos claros, se tal monitoramento existiu, transformou-se em uma indústria, útil para obter publicações em jornais de prestígio, tanto provenientes de artigos originais quanto de réplicas (por exemplo, Yoccoz *et al.* 2001, Yoccoz *et al.* 2003, Nichols & Williams 2006, Ferraz *et al.* 2008, Magnusson *et al.* 2008a, Lindenmayer & Likens 2009, Haughland *et al.* 2010, McDonald-Madden *et al.* 2010, Geupel *et al.* 2011). Dessa forma, será que precisamos de outro livro? Nós acreditamos que sim. **Uma coisa é propor um sistema, outra coisa é implementá-lo.**

Muitos autores parecem fazer distinção entre o que outros deveriam fazer e o que eles fazem. Por exemplo, Lindenmayer e Likens (2010) afirmaram que “a curadoria dos dados é frequentemente um segundo pensamento na vasta maioria dos projetos ecológicos. Uma política voltada para a divulgação de dados públicos deve ser pensada e afirmada no início de processo de criação de um estudo”. No entanto, quando eles propuseram seu próprio sistema, Lindenmayer e Likens (2011) afirmaram que “provavelmente não é viável ou útil para nós tentarmos fornecer uma abordagem específica (para a gestão de dados) nesta etapa do desenvolvimento”. Lindenmayer e Likens (2010) identificaram o próximo grande desafio como sendo integrar diversos tipos de monitoramento. Este é o ponto em que discordamos deles. **O PRIMEIRO grande desafio deve**

without questions, if such monitoring existed, has turned into somewhat of a cottage industry, and is useful to obtain publications in prestigious journals, both from the original papers and the rebuttals (e.g. Yoccoz *et al.* 2001, Yoccoz *et al.* 2003, Nichols and Williams 2006, Ferraz *et al.* 2008, Magnusson *et al.* 2008a, Lindenmayer and Likens, 2009, Haughland *et al.* 2010, McDonald-Madden *et al.* 2010, Geupel *et al.* 2011). Therefore, do we need another book? We believe so. **It is one thing to propose a system, and quite another to implement it.**

Many writers seem to distinguish between what others should do and what they do. For instance, Lindenmayer and Likens (2010) stated “curation of data is often an afterthought in the vast majority of ecological



- *A perereca Hypsiboas cinerascens. O sistema RAPELD também foi desenvolvido em resposta à demanda por coalizões internacionais, como a Rede Global de Observação da Biodiversidade do Grupo de Observações da Terra (GEO BON) e Rede Européia de Observação da Biodiversidade (EU BON).*
- *The frog Hypsiboas cinerascens. The RAPELD system was also developed in response to demand by international coalitions, such as the Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network (GEO BON) and European Biodiversity Observation Network (EU BON).*



- *Curso sobre monitoramento da biodiversidade para analistas de órgãos governamentais. As decisões sobre o sistema de monitoramento possuem consequências profundas sobre a aplicabilidade dos resultados.*
- *Course on biodiversity monitoring for government analysts. Decisions on the monitoring system have profound consequences on the applicability of the results.*

ser o de integrar os diferentes tipos de monitoramento! A estratégia de focalizar em uma só questão e deixar a integração e o gerenciamento dos dados para depois não tem funcionado e é pouco provável que funcione no futuro. O planejamento não é transferível. Isto é, muito planejamento para uma questão específica não pode compensar a falta de planejamento de como essa questão, a infraestrutura e o investimento do tempo do pesquisador se encaixam naquele grande quadro. Nichols e Williams (2006) declararam que “a recomendação é simplesmente delinear o monitoramento tendo como objetivo tornar os dados obtidos tão úteis quanto possível para a conserva-

projects. A policy regarding public data dissemination should be thought through and stated early in the process of setting up a study.” However, when they proposed their own system, Likens and Lindenmayer (2011) stated “it probably is not feasible or helpful for us to attempt to provide a specific framework (for data management) at this stage of development.” Lindenmayer and Likens (2010) identified the next big challenge as being to integrate different kinds of monitoring. This is where we disagree with them. **The FIRST big challenge has to be to integrate different kinds of monitoring!** The strategy to focus on a single question now, and tack on integration and data management later has not worked, and is unlikely to work in the future. Planning

ção e a ciência”. Neste livro, focalizamos o que fizemos e a importância de se pensar sobre a integração através de escalas e usuários a cada passo. As decisões em uma parte do sistema têm consequências sobre todas as outras (Watson & Novelly 2004) e é quase impossível explicar esse fato às pessoas sem exemplos práticos. Cada um dos capítulos aborda tópicos muito complexos e há muitos pesquisadores mais competentes que nós para escrever sobre cada um deles. Na realidade, existem livros inteiros abordando tópicos que são apenas parte de um de nossos capítulos. Não é possível lidar adequadamente com a grande quantidade de artigos disponíveis e, quando possível, indicamos ao leitor livros recentes que

is not transferable. That is, a very large amount of planning for a specific question cannot compensate for lack of planning for how that question, the infrastructure, and investment of researcher time fits into the big picture. Nichols and Williams (2006) stated “Our recommendation is simply to design monitoring with the aim of making the resulting data as useful to conservation and science as possible.” In this book, we will focus on what we have done and the importance of thinking about integration across scales and users at each step. Decisions in one part of the system have consequences in all others (Watson and Novelly 2004), and it is almost impossible to explain this to people without practical examples. Each of the chapters treats very complex topics, and there are many researchers much more competent



- *Interior da mata na Reserva Ducke. As florestas tropicais inspiraram o desenvolvimento do sistema RAPELD, mas virtualmente ele pode ser aplicado em qualquer ecossistema.*
- *Rainforest in Reserva Ducke. Tropical forests inspired the development of the RAPELD system, but it can be applied to virtually any ecosystem.*

fazem um sumário de conceitos e o conduzem à literatura. Deste modo, evitaremos repetir os detalhes dados nos livros citados. Embora possamos contribuir pouco ao que é novo ou inovador sobre cada aspecto separadamente, o nosso objetivo é promover uma visão bastante radical – a de que **um sistema efetivo necessita integrar todos os aspectos simultaneamente através de muitas escalas diferentes** e que os avanços na tecnologia da informação não são suficientes para realizar isso por si só. Devemos planejar a coleta de dados da biodiversidade para poder usufruir da nova tecnologia e tratar das demandas do máximo número de clientes simultaneamente. Senão, a biodiversidade permanecerá o que é hoje: um grito por apoio para a inteligência conservacionista e um terrível impedimento para o desenvolvimento social e econômico para os políticos. ■

than us to write about each of them. In fact there are whole books treating topics that are only part of one of our chapters. It is not possible to deal adequately with the large number of papers available, and, where possible, we point the reader towards recent books that summarize concepts and give a lead into the literature, and we will avoid rehashing the details given in the excellent books that we cite. Although we can contribute little that is new or innovative about each aspect separately, our aim is to promote a rather radical view – that **an effective system needs to integrate all of them simultaneously across many different scales**, and that advances in information technology are not enough to do this by themselves. We must plan biodiversity data collection to take advantage of the new technology, and attend to the demands of the maximum number of clients simultaneously. If not, biodiversity will remain what it is today, a rally cry for bleeding hearts and greenies, and a terrible impediment to social and economic development for politicians. ■

SAIBA MAIS READ MORE

■ **Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio)**

<http://ppbio.inpa.gov.br/>

■ **Inventários no PPBio**

<http://ppbio.inpa.gov.br/inventarios>

Capítulo **II**
Chapter





Pesquisa em Biodiversidade como parte de um Sistema Social

Sistemas políticos são sistemas para tomar decisões. Portanto, a tomada de decisões é inerentemente política. Há uma tendência crescente para os sistemas políticos se tornarem mais democráticos e vamos discutir a pesquisa em biodiversidade nessa perspectiva. No entanto, existem alternativas para a democracia. A maioria das pessoas ainda não vive em sistemas democráticos e muitos podem argumentar que a ciência é importante demais para ser deixada para este sistema. Platão considerava a democracia como o segundo pior sistema político (Blackburn 2006), por isso não devemos presumir que a democracia é sempre um sistema superior. Democracias são hierárquicas e reconhecem a importância da escala na tomada de decisões.

Biodiversity Research as Part of a Social System

Political systems are systems for making decisions, so decision making is inherently political. There is a growing tendency for political systems to become more democratic, and we will discuss biodiversity research in relation to democracy. However, there are other alternatives to democracy. Most people still do not live in democracies, and many may argue that science is too important to be left to democracy. Plato considered democracy to be the second worst of all political systems (Blackburn 2006), so it should not be taken for granted that it is always a superior system. Functioning democracies are hierarchical and recognize the importance of scale in decision making.

Votamos em vereadores e esperamos que eles compreendam questões importantes no nível do nosso município. No entanto, também votamos em deputados estaduais, os quais esperamos que levem em conta informações a partir do nível municipal, mas também que venham a tomar decisões com uma visão mais ampla, sem se fixar apenas em questões locais.

Esperamos que deputados federais se concentrem em questões nacionais, sem perder de vista aquelas esperanças e aspirações de seus eleitores que só podem ser atendidas na escala municipal. Organizações multinacionais, como a Organização das Nações Unidas, se tornam cada vez mais importantes conforme a democracia se torna mundial. Embora alguns aspectos do sistema sejam extremamente padronizados e legislativamente aplicados, **a força das democracias reside em sua capacidade de dar liberdade aos indivíduos para decidir sobre a maioria das atividades diárias.** Nós não queremos que os legisladores nos digam se devemos ser um mecânico ou um lojista.

Embora algumas tribos vivam essencialmente em sistemas democráticos, só muito recentemente a democracia passou a ser aplicada acima do nível local (Diamond 1999). Platão e Maquiavel só conseguiam imaginar estabilidade política sob um príncipe filósofo ou um ditador benevolente (Blackburn 2006, Machiavelli 1532) - a democracia parecia ser muito confusa. A política era vista como um meio para alcançar um objetivo específico e os pla-

We vote for local council representatives and expect them to understand the important issues at the level of our municipality. However, we also vote for state representatives who we want to take into account information passed from the municipal level, but who we hope will make decisions with a broader vision, without fixing only on local issues.

We expect federal representatives to focus on national issues, without losing sight of the hopes and aspirations of their constituents that can only be realized in functioning municipalities. Multinational bodies, such as the United Nations, are of increasing importance as democracy becomes world-wide. While some aspects of the system are extremely standardized, and legislatively enforced, **the strength of democracies lies in their ability to give freedom to individuals to decide about most of their day-to-day activities.** We do not want legislators to tell us whether we should be a mechanic or a shop keeper.

Although some tribal peoples live in essentially democratic systems, it is only very recently that democracy has been applied above the local level (Diamond 1999). Plato and Machiavelli could only envisage political stability under a philosopher prince or benevolent dictator (Blackburn 2006, Machiavelli 1532); democracy appeared to be too messy. Politics was seen as a mean to obtain a specific objective, and careful plans were made to direct all efforts towards that objective. To philosophers, such as Plato and Machiavelli, a democratic system, where the means to an end are valued more than the specific objectives, just did not seem structured enough to work in the long term. Many more recent

nos eram cuidadosamente feitos para direcionar todos os esforços para esse objetivo. Para filósofos, como Platão e Maquiavel, um sistema democrático, em que os meios são mais valorizados que os objetivos específicos, não parecia ser suficientemente estruturado para funcionar em longo prazo. Muitos políticos recentes, de Adolph Hitler a Kim Il Sung, concordaram com esta filosofia. Mesmo quando tinham suas próprias democracias em funcionamento, os colonizadores resistiram ao crescimento da democracia em suas colônias. No entanto, **a democracia continua a crescer e a suplantando sistemas alternativos**. Objetivos específicos, tais como maximizar o retorno financeiro às custas do meio ambiente e da segregação racial, são descartados,

politicians, from Adolph Hitler to Kim Il Sung, have agreed with this philosophy. Even when they have had their own functioning democracies, colonial powers have resisted the growth of democracy in their colonies. Nonetheless, **democracy continues to grow and supplant alternative systems**. Specific objectives, such as maximizing financial returns at the expense of the environment and racial segregation, are discarded, but the system lives on. In fact, the democratic system promotes change and innovation. In the long term, biodiversity research will have to be inserted within a democratic social system with changing goals, but stable principles.

Many researchers believe that only narrow, objective-oriented research can produce useful results (e.g. Yoccoz *et al.* 2001, Nichols and Williams 2006, Ferraz *et*



- *O ponto de vista do sapo Rhinella marina. Pesquisas estreitamente orientadas a uma questão podem não ser úteis no longo prazo, pois sistemas democráticos favorecem mudanças de valores e objetivos.*
- *The way Rhinella marina sees the world. Research narrowly oriented to a question may not be useful in the long term because democratic systems encourage changes in values and goals.*

mas o sistema continua a existir. Na verdade, o sistema democrático promove mudança e inovação. Em longo prazo, a pesquisa em biodiversidade terá de ser inserida dentro de um sistema social democrático com objetivos flexíveis, mas com princípios estáveis.

Muitos pesquisadores acreditam que apenas a pesquisa direcionada e objetivamente orientada pode produzir resultados úteis (por exemplo, Yoccoz *et al.* 2001, Nichols & Williams 2006, Ferraz *et al.* 2008, Lindenmayer & Likens 2009). A lógica deles é semelhante a de Platão e Maquiavel - somente sistemas muito bem estruturados podem garantir resultados desejados. **Sistemas democráticos levam à mudança de valores e objetivos**, por isso é necessário ter alguém para estreitar as questões. Príncipes filósofos não são comuns atualmente, então sistemas fortemente estruturados requerem a forte liderança de um pesquisador, como colocado por Lindenmayer e Likens (2010). Este sistema é muito eficaz localmente e é análogo às sociedades patriarcais em sistemas políticos mundiais (Diamond 1999). Também é muito eficaz na geração de publicações em revistas científicas importantes. No entanto, tem sérias limitações para gerar os tipos de dados multidisciplinares e em escalas transversais necessários para os políticos que trabalham em democracias hierárquicas. Estes necessitam de informações sobre questões que vão desde a observação de processos que ocorrem em uma determinada estrada até subsídios nacionais para o manejo florestal. A única coisa que sabemos

al. 2008, Lindenmayer and Likens 2009). Their logic is similar to that of Plato and Machiavelli; only very structured systems can guarantee desired outcomes. **Democratic systems lead to changing values and objectives**, so it is necessary to have someone to narrow the issues. Philosopher princes are not common these days, so these systems require strong leadership from a scientist who has, as put by Lindenmayer and Likens (2010), "fire in the belly". This system is very effective locally, and is analogous to chiefdoms in world political systems (Diamond 1999). It is also very effective at generating publications in top-rating scientific journals. However, it has serious limitations for generating the sort of cross-scale, multidisciplinary data necessary for politicians working in hierarchical democracies, who demand input on questions ranging from effective sighting of an individual road to national subsidies for forestry. The only thing we know about the questions that politicians will be asking in ten years is that most of them won't be the ones they are asking today.

Price and Billick (2010) reviewed many successful long-term ecological studies and concluded that the narratives highlight the value of a team approach: "By this we do not mean teams of the 'big science' sort, where each player is deployed to add to sample size or tackle a small piece of the research program. Instead, they mean a loose consortium of independent investigators who bring diverse perspectives and skills and pursue different questions, who cooperate in designing and carrying out experiments, and who share information, insight and experience. Why this 'loose consortium' approach might be better than the 'assembly line' approach is not

sobre as questões que os políticos irão perguntar daqui a dez anos é que a maioria delas não será a mesma que estão sendo feitas hoje.

Price e Billick (2010) revisaram diversos estudos ecológicos de longo prazo bem sucedidos e concluíram que as narrativas destacam o valor de uma abordagem de equipe: “Com isto não queremos dizer equipes de grandes projetos, onde cada pesquisador é adicionado para aumentar o tamanho do grupo ou lidar com um pequeno pedaço do programa de pesquisa. Em vez disso, a abordagem de equipe significa um consórcio livre de pesquisadores independentes que trazem perspectivas e habilidades variadas e que buscam responder perguntas diferentes, colaborando na concepção e realização de experimentos, e compartilhando informação, visão e experiência. Por que a abordagem do ‘consórcio livre’ pode ser melhor do que a abordagem de ‘linha de montagem’ não é imediatamente aparente”. Também não sabemos por que consórcios livres focados em locais ao invés de questões restritas são mais eficazes que estudos fortemente direcionados, mas suspeitamos que quando a resposta for encontrada ela será aplicável tanto aos sistemas políticos como às organizações de pesquisa.

Quanto podemos gastar com a biodiversidade?

Democracias lidam com demandas concorrentes. Em um mundo ideal, otimizáramos tudo, mas não há recursos ou energia suficientes para fazer



- *Curso de instalação de parcelas RAPELD. A demanda por dados bióticos e ambientais é crescente, mas para gerar dados em escalas relevantes para os políticos é preciso garantir flexibilidade.*
- *Field course on installation of RAPELD plots. The demand for environmental and biotic data is growing, but to generate data on scales relevant for policymakers it's necessary to ensure flexibility.*

immediately apparent.” We are also unsure why loose consortiums focused on places rather than restricted questions are more effective than strongly directed studies, but we suspect that when the answer is found it will apply equally to political systems and research organizations.

How much can we spend on biodiversity?

Democracies deal with competing demands. In an ideal world, we would optimize everything, but there are insufficient funds, or even energy, to do everything we would like. Therefore, our health systems, our transport

tudo o que gostaríamos. Assim, nosso sistema de saúde, nossa infraestrutura de transporte e educação, nossa polícia e investimentos em ciência são todos compromissos. **Pesquisas em biodiversidade tendem a ter prioridade muito baixa em relação às demandas concorrentes, mesmo dentro da ciência**, de forma que qualquer tentativa de fazer qualquer aspecto da pesquisa em biodiversidade ser “ideal” está fadada ao fracasso. Dessa forma, estamos tentando maximizar o retorno a um número muito grande de pessoas, trabalhando em diversas escalas e com um investimento muito limitado. Buckland *et al.* (2005) afirmaram acreditar que “deveria existir uma tendência para criação de sistemas de monitoramento comuns abrangendo nações dentro de uma região ou globalmente. Tais sistemas fornecerão mais poder para medir mudanças e determinar suas causas e proporcionarão economia de escala para que as nações, as quais de outra forma seriam incapazes de monitorar sua própria biodiversidade, possam participar de forma adequada”.

A maioria das pessoas não imagina como são limitados nossos recursos em relação às questões que estão sendo feitas por biólogos em pesquisas de campo. Billick & Price (2010b) afirmaram que “The Nature Conservancy, uma organização privada sem fins lucrativos, gasta aproximadamente o mesmo em custos administrativos que a National Science Foundation investe em toda a área de biologia ambiental nos Estados Unidos”. O Centro para Ciências

infraestrutura, our education facilities, our law enforcement, and our science investment, are all compromises. **Biodiversity research tends to have very low priority in relation to competing demands, even within science**, so any attempt to make any aspect of biodiversity research “optimal” is doomed to failure. Therefore, we are trying to maximize returns to a very large number of people, working at a variety of scales, with a very limited investment. Buckland *et al.* (2005) stated “We believe that there should be a trend towards common monitoring schemes spanning nations within a region or globally. Such schemes will allow greater power in measuring changes and determining the reasons for them, and will provide economy of scale so that nations that otherwise would have been unable to monitor their own biodiversity adequately can participate.”

Most people do not realize just how limited our resources are in relation to the questions being asked of biologists doing field research. Billick and Price (2010b) claim that “the Nature Conservancy, a private nonprofit organization spends approximately as much on overhead as the National Science Foundation does on all of environmental biology in the United States.” The Center for Tropical Forest Science undertakes detailed studies of vascular plants in relatively large (usually 50 ha) plots. Cost of installation of such a plot in the State of Amazonas is about US\$ 500,000.00 (Condit 1998), not including principal researchers’ salaries, transport or infrastructure costs. To install one such plot per 5,000 km² in the Brazilian Amazon (a sampling intensity of only 0.0001%) would cost about US\$ 50 million, and those plots would provide data only on vascular



- *A borboleta amazônica Mesosemia sp. O custo para se estudar a biodiversidade é alto e os recursos são limitados, exigindo criatividade para potencializar a geração de conhecimento.*
- *Mesosemia sp., an Amazonian butterfly. The cost to study biodiversity is high and resources are limited, so creativity is needed to maximize the generation of knowledge.*

das Florestas Tropicais (CTFS) realiza estudos detalhados sobre plantas vasculares em parcelas relativamente grandes (geralmente de 50 ha). O custo de instalação de uma parcela desse tamanho no Estado do Amazonas é de cerca de US\$ 500.000,00 (Condit 1998), sem contar os custos com salários dos principais pesquisadores, transporte ou infraestrutura. Instalar parcelas desse tipo por 5.000 km² na Amazônia brasileira (uma intensidade de amostragem de apenas 0,0001%) custaria cerca de US\$ 50 milhões e essas parcelas forneceriam apenas dados sobre plantas vasculares. Considerando apenas o investimento direto em pesquisas biológicas em 2010,

plants. Considering only direct investment in biological surveys in the Amazon in 2010, we are now spending about US\$ 0.01 per hectare per year in the Brazilian Amazon. Obviously, we are a long way from the ideal, and we are very unlikely to be able to increase the investment to even US\$1.00 per hectare per year in the near future. Investment in biological surveys in most areas of the world is similar to, or less than, that presently being spent in the Brazilian Amazon, so “optimizing” research for every possible question is an unattainable dream. At most **we can maximize the overall value of the system for multiple users within the financial and logistical restraints**. This theme will recur throughout this book.

atualmente estamos gastando cerca de US\$ 0,01 por hectare por ano na Amazônia brasileira. Obviamente, estamos muito longe do ideal e é improvável que seja possível aumentar o investimento para até mesmo US\$ 1,00 por hectare por ano em um futuro próximo. O investimento em pesquisas biológicas no resto do mundo é similar ou inferior ao que está sendo atualmente gasto na Amazônia brasileira, dessa forma, “otimizar” a pesquisa para cada pergunta possível é um sonho inatingível. No máximo **podemos potencializar o valor global do sistema para múltiplos usuários dentro dos recursos financeiros e logísticos disponíveis**. Este tema será recorrente ao longo deste livro.

A ciência é dispendiosa (por exemplo, Gardner *et al.* 2008, Andelman 2011), embora a maioria das avaliações não inclua o gasto mais caro e recorrente: os salários dos coordenadores de equipe. O monitoramento biológico tem baixa prioridade em relação a outros tipos de estudos; porém, vários autores (por exemplo, Nichols & Williams 2006, Lindenmayer & Likens 2010) têm implicado o contrário. Os sistemas de financiamento atuais exigem que o pesquisador apresente um objetivo imediato e direto para o estudo, o que coloca o monitoramento de ameaças desconhecidas virtualmente fora do sistema. Como demonstrado por Wintle *et al.* (2010), o cenário de tudo ou nada não é eficiente, especialmente em um mundo que enfrenta ameaças múltiplas e desconhecidas a partir de alterações antrópicas no meio ambiente. Tentar



- *Alunos em curso de instalação de infraestrutura RAPELD. Pessoas aptas a coletar os dados custam caro e demandam treinamento, mas são essenciais para se investigar a biodiversidade.*
- *Students in a course of installation of RAPELD infrastructure. People able to collect data are expensive and require training, but are essential to investigate biodiversity.*

Science is expensive (e.g. Gardner *et al.* 2008, Andelman 2011), even though most evaluations do not include the most expensive and recurring cost – salaries of coordinating staff. Biological monitoring has low priority in relation to other types of studies, though several authors (e.g. Nichols and Williams 2006, Lindenmayer and Likens 2010) have implied the opposite. Current funding systems require that the applicant demonstrate an immediate direct objective from the study, which puts monitoring for still unknown threats virtually unfindable. As shown by Wintle *et al.* (2010), the all or nothing scenario is not efficient, especially in a world facing multiple and unknown

monitorar tudo para todos obviamente não é eficiente, mas essa caricatura feita pelos proponentes dos 'estudos direcionados' é tão imprecisa quanto a caricatura destes como "pesquisadores que sabem cada vez mais sobre cada vez menos, até que saibam absolutamente tudo sobre nada".

Estudos sobre biodiversidade podem ser desenhados para revelar novas informações ou podem ser exercícios normativos que somente procuram usar a informação existente para melhor embasar a tomada de decisões (Colyvan *et al.* 2009). Levantamentos de biodiversidade são usados em ambos os tipos

threats from anthropogenic changes to the environment. Trying to monitor everything for everyone is obviously not efficient, but this caricature of their opponents by 'directed study' proponents is as inaccurate as the caricature of the proponents of directed science as researchers "who know more and more about less and less, until they know absolutely everything about nothing."

Biodiversity studies may be designed to reveal new information or they may be normative exercises that only seek to use existing information to better inform decision making (Colyvan *et al.* 2009). Biodiversity surveys are used in both types of study. **There are many options**



- Louva-a-deus, *Choeradodis sp.*, família *Mantidae*. O monitoramento biológico pode ser feito de diversas maneiras em diferentes escalas, mas é pouco útil para a sociedade fazer investimentos em pesquisas individualistas e isoladas.
- Praying mantis, *Choeradodis sp.*, *Mantidae* family. Biological monitoring can be done in different ways at different scales, but it is not efficient for society to invest in individualistic and isolated research.

de estudo. **Há muitas opções para o monitoramento biológico e, mais importante, muitas escalas em que ele pode ser executado** e voltaremos a estas considerações nos capítulos seguintes. No entanto, a lógica do paradigma do investimento equilibrado de Wintle *et al.* (2010) pode ser vista em uma outra área com elevada incerteza para os tomadores de decisão - a previsão do tempo. Prever o tempo é importante para a sociedade por motivos que vão desde o planejamento de lazer e produção agrícola até o controle de desastres. Climatologistas conduzem pesquisas extremamente dirigidas e de alta tecnologia com base em modelos explicitamente probabilísticos, das quais as torres de eddy-flux são um excelente exemplo (por exemplo, Araujo *et al.* 2002). No entanto, a maior parte da previsão climática é baseada em arranjos padronizados de estações climáticas que coletam dados básicos sobre temperatura, umidade e pressão barométrica, mantidas por organizações governamentais e que não dependem dos caprichos do financiamento competitivo (Overpeck *et al.* 2011). Este é um caso de uma **intervenção governamental pequena gerando um efeito benéfico maior para a sociedade do que poderia ser produzido com um investimento muito maior em pesquisa individualista não padronizada.**

Atualmente, boa parte das variáveis básicas que os climatologistas precisam medir pode ser derivada de sensoriamento remoto, mas isso é porque os modelos, apesar de extremamente

for biological monitoring and, more importantly, many scales at which it can be undertaken, and

we will return to these considerations in the following chapters. However, the logic of the Wintle *et al.* (2010) paradigm of balanced investment can be seen from another area of high uncertainty of importance to decision makers - weather forecasting. Weather forecasting is important to society for reasons ranging from planning leisure pursuits and agricultural production to disaster control. Climatologists conduct extremely-directed high-tech research based on explicit



- *Fogo no município de Mucajaí, Roraima, em fevereiro de 2010. A tomada de decisão para conservar a biodiversidade é dificultada porque existem previsões diferentes, muitas vezes contraditórias e sem validação em campo.*
- *Fire in the municipality of Mucajaí, State of Roraima, in February 2010. The decision to conserve biodiversity is hindered because there are many different predictions that are often contradictory and without field validation.*

complexos (Overpeck *et al.* 2011), têm um número limitado de entradas (por exemplo, temperatura e pressão barométrica) e saídas (por exemplo, direção do vento e precipitação local). A grande vantagem dos climatologistas é que eles têm os dados de campo para validar os modelos de sensoriamento remoto. A situação dos tomadores de decisão é dificultada porque eles estão recebendo muitas previsões diferentes, muitas vezes contraditórias, sobre biodiversidade com base em modelos de sensoriamento remoto, sem a capacidade de validá-los. Modelos locais irrealistas no contexto de caricaturas simplificadas da biodiversidade (por exemplo, Nichols & Williams 2006, McDonald-Madden *et al.* 2010) não irão ajudá-los, exceto em escalas muito pequenas e em relação a um número limitado de usuários (Curtin 2010). Como afirmado por John Magnuson (1995), “igualmente desafiadora é a tarefa de determinar como padrões e processos de larga escala influenciam a estrutura e o funcionamento em pequenas escalas espaciais. Assim, o contexto espacial bem como o contexto temporal são importantes para a interpretação de forma significativa da estrutura ecológica e da funcionalidade deste lugar, neste momento”.

Quem deve monitorar?

Pessoas monitoram o sistema social e político em vários níveis, como as finanças de casa, a produção da fábrica e as preferências nacionais por marcas de automóveis. Nenhuma entidade tenta monitorar tudo em todas as escalas para

probabilistic models, of which eddy-flux research is an outstanding example (e.g. Araujo *et al.* 2002). However, most climate forecasting was based on standardized arrays of climate stations collecting very basic data on temperature, humidity and barometric pressure that were maintained by government organizations, and that did not depend on the vagaries of competitive funding (Overpeck *et al.* 2011). It was a case of **a small government intervention having a larger beneficial effect for society than could have come from a much larger investment in individualistic unstandardized research.**

Many of the basic things that climatologists need to measure can now be derived from remote sensing, but this is because their models, although hugely complex (Overpeck *et al.* 2011), have a very limited number of inputs (e.g. temperature, barometric pressure) and outputs (e.g. wind direction, local rainfall). The great advantage of climatologists is that they have the local data to validate the remote-sensing models. The predicament of decision makers is that they are receiving many different, and often contradictory, predictions about biodiversity based on remote-sensing models, without the ability to validate them. Unrealistic local models within simplified caricatures of biodiversity (e.g. Nichols and Williams 2006, McDonald-Madden *et al.* 2010) will not help them, except at very local scales, and in relation to a very small number of users (Curtin 2010). As stated by John Magnuson (1995), “Equally challenging is the task of determining how larger-scale patterns and processes influence structure and function at small spatial scales. Thus, spatial context as well as temporal context is important if one

todas as pessoas, mas existem sistemas nacionais, que são muito semelhantes em diversas nações, que monitoram alguns aspectos críticos da economia e desenvolvimento social em múltiplas escalas que vão dos municípios até o país como um todo. Grande parte da informação é captada nos censos nacionais, mas existem sistemas paralelos para gerar informações, como aqueles que resumem as informações do sistema tributário. As preferências por determinados tipos de livros podem nos dizer muito sobre uma nação, mas os políticos não são tolos o suficiente para tentar monitorar tudo de uma vez. Eles (ou melhor, o sistema democrático) selecionaram uma série de indicadores a serem medidos durante os censos que são suficientes para tomar decisões nos níveis municipal, estadual e nacional. Às vezes, informação adicional é necessária, mas esta é coletada em estudos específicos auxiliares conforme a necessidade. Pessoas que trabalham em outros níveis também monitoram quando, por exemplo, uma pessoa controla seus gastos mensais, uma escola cadastra os endereços de seus alunos e um clube de futebol registra as cores preferidas de seus membros. No entanto, eles não esperam que os censos nacionais forneçam essas informações para eles e uma tentativa de colocar todas essas informações em um sistema único criaria um monstro inviável, embora avanços tecnológicos, desenvolvimentos de sistemas padronizados e meios de validação de dados possam permitir a integração de algumas dessas informações no futuro.

wishes to interpret meaningfully the ecological structure and function of this place, right now.”

Who should monitor?

People monitor the social/political system at various levels, such as home finances, factory output and national preferences for brands of automobiles. No single entity tries to monitor everything at all scales for everybody, but there are national systems, which are very similar across nations, that monitor a few critical aspects of economy and social development across multiple scales that range from the municipality to the whole country. Much of the information is gathered in national censuses, but there are parallel systems for capturing information, such as those that summarize information from the taxation system. The preferences for certain types of books might tell us a lot about a nation, but politicians are not silly enough to try to monitor everything at once. They (or rather the democratic system) have selected a number of indicators to be measured during censuses that are sufficient to make decisions at municipal, state and national levels. Sometimes, additional information is required, but this is collected in specific ancillary studies as the need arises. People working at other levels also monitor, such as when an individual records his monthly expenses, a school records the addresses of its students, and a football club registers the color preferences of its members. However, they do not expect the national censuses to provide this information for them, and an attempt to put all this information into one system would create an unworkable monster, though technological advances, development of standardized systems, and means of data

O objetivo da maioria dos monitoramentos da biodiversidade é gerar informações que possam ser usadas por políticos e outras pessoas para tomar decisões fundamentais sobre uso da terra e investimentos em infraestrutura.

Informações sobre a biodiversidade provavelmente serão usadas somente se puderem ser inseridas nas escalas em que estão sendo tomadas as decisões. Entretanto, informações sobre a biodiversidade no nível da espécie ou inferior (populações, genes, etc.), ou conglomerados de espécies (assembléias, grupos funcionais, etc.), geralmente não estão disponíveis para os tomadores de decisão. Por isso, eles usam substitutos grosseiros, como as

validation, may allow integration of some of this information in the future.

The objective of much biodiversity monitoring is to generate information that can be used by politicians and others to make sensible decisions about land use and infrastructure investment.

Information on biodiversity will most likely be used if it can be inserted at the scales that decision making is already being undertaken. However, information on biodiversity at the level of the species or lower (populations, genes, etc.), or species clusters (assemblages, functional groups, etc.), are generally not available for decision makers. Therefore, they use gross surrogates, such as phytophysionomic or geomorphological features visible on satellite images, to make



- *Anta, Tapirus terrestris, caçada em uma comunidade no Rio Negro. Informações sobre as espécies não estão disponíveis, dificultando a tomada de decisões.*
- *Tapir, Tapirus terrestris, hunted in a community on the Rio Negro. Information on individual species is often not available.*

características fitofisionômicas ou geomorfológicas visíveis em imagens de satélite, para tomar decisões (Brooks *et al.* 2004, Padial *et al.* 2010, Caro 2010). Na maioria dos casos, as supostas relações entre essas imagens e a biodiversidade não foram estabelecidas, exceto nas escalas mais grossas (por exemplo, desertos são diferentes de florestas). Esse fato tem levado muitas organizações a propor sistemas de monitoramento da biodiversidade e vamos discutir vários deles nos capítulos seguintes. Contudo, geralmente esses sistemas não são utilizados na tomada de decisão, pois se referem a fenômenos locais muito específicos (análogos aos registros do clube de futebol) ou se transformaram em monstros inviáveis. A fim de produ-

decisions (Brooks *et al.* 2004, Padial *et al.* 2010, Caro 2010). In most cases, the purported relationships between these images and biodiversity have not been established, except at the coarsest scale (e.g. deserts are different from forests). This has lead many organizations to propose biodiversity monitoring systems, and we will discuss several in the following chapters. However, they have not generally been used for decision making because they either refer to very specific local phenomena (analogous to football club records) or they have turned into unworkable monsters. In order to produce a workable system that provides information at relevant scales, organizations are producing 'ecosystem health', or 'state of the environment' evaluations based on easily recorded surrogates (Caro 2010).



- *Floresta na foz do Rio Anauá, Roraima. Presumir que 'a saúde do ecossistema' protege de fato a biodiversidade é insuficiente e potencialmente perigoso.*
- *Forest at the mouth of the Rio Anauá, State of Roraima. To assume that 'ecosystem health' actually protects biodiversity is insufficient and potentially dangerous.*

zir um sistema funcional que forneça informações em escalas relevantes, organizações estão produzindo avaliações da ‘saúde do ecossistema’ ou do ‘estado do meio ambiente’ com base em substitutos facilmente amostrados (Caro 2010). Porém, **a menos que tenhamos sistemas manejáveis de monitoramento da biodiversidade nunca saberemos até que ponto proteger ‘a saúde do ecossistema’ protege de fato a biodiversidade** (Kwok *et al.* 2011).

Platão, Maquiavel e muitos outros filósofos previram um príncipe filósofo que colocaria ordem no mundo social. Lindenmayer e Likens (2010) previram um grande cientista “disposto a tudo” para liderar a pesquisa sobre biodiversidade. No entanto, a maioria das pessoas não é um príncipe filósofo e a maior parte dos pesquisadores da biodiversidade também não pode ser líder de grupos de pesquisas nacionais. **A sociedade em geral, especialmente a cultura científica, tende a atribuir o sucesso de uma atividade a determinados indivíduos, mas a maioria do sucesso pode ser atribuída a combinações aleatórias de eventos, ao invés da criatividade especial dos líderes** (Taleb 2007, Mlodinow 2008). Mesmo quando determinados cientistas contribuíram muito para consolidar uma ideia, como a reformulação da teoria da relatividade por Einstein, outros tantos pesquisadores, anteriores e contemporâneos, desempenharam um papel crucial no desenvolvimento da ideia. De fato, Einstein não realizou nenhum

Yet, **unless we have workable biodiversity monitoring systems we will never know to what extent protecting ‘ecosystem-health’ protects biodiversity** (Kwok *et al.* 2011).

Plato, Machiavelli, and many other philosophers have envisaged a philosopher prince who would put order into the social world. Lindenmayer and Likens (2010) envisaged a great scientist with “fire in the belly” to lead biodiversity research. However, most people are not philosopher princes and most biodiversity researchers cannot also be leaders of national research teams. **Society in general, and especially scientific culture, tends to attribute success of an undertaking to specific individuals, but much of the time success can be attributed to chance combinations of events rather than special creativity of leaders** (Taleb 2007, Mlodinow 2008). Even when particular scientists have made an especially important contribution to consolidating an idea, such as the reformulation of the theory of relativity by Einstein, many other previous and contemporary researchers played critical roles in development of the idea. In fact, Einstein did not carry out any of the critical experiments that led to the theory of relativity (Bodanis 2000, Mlodinow 2001, Gallison 2003). Karl Pearson sketched out many of the principles of modern physics in 1892 long before Einstein’s reformulation of the mathematics (Pearson 2007). Dawkins (1989) considered Ronald Fisher to be “the greatest biologist of the twentieth century”, yet Fisher never actually collected biological data in the field. Presenting oneself as an independent genius is falling out of favor. Paine *et al.* (2010) emphasized that, although their ideas

dos experimentos críticos que levaram à teoria da relatividade (Bodanis 2000, Mlodinow 2001, Gallison 2003). Karl Pearson esboçou muitos dos princípios da física moderna em 1892, muito antes da reformulação matemática de Einstein (Pearson 2007). Dawkins (1989) considerou Ronald Fisher como “o maior biólogo do século XX”, embora Fisher nunca coletou diretamente dados biológicos no campo. Apresentar-se como um gênio independente está caindo em desuso. Paine *et al.* (2010) enfatizaram que, embora suas ideias tenham vindo de esforços em grupo e da fertilização cruzada entre projetos, eles geralmente publicavam artigos de um único autor. Entretanto, a literatura citada por eles mostra que, aproximadamente a partir de 2004, mesmo aqueles autores agora publicam artigos com vários coautores. Sem diminuir as conquistas dos grandes integradores, devemos dar crédito a todos os que contribuíram.

Do ponto de vista da aptidão individual, ser um líder geralmente não é uma boa opção e a teoria dos jogos prevê que líderes em potencial devem atrasar a liderança o maior tempo possível, na esperança de que outro indivíduo assuma o controle (Shen *et al.* 2010). A vitória pertence aos mais numerosos e as sociedades humanas eliminaram outras sociedades repetidamente, baseadas principalmente em quem era numericamente dominante, mas ajudadas por germes que evoluíram nas populações humanas mais densas (Diamond 1999). Numericamente, o sucesso evolutivo foi maior para indivíduos capazes de seguir ao invés de indivíduos capazes

came from team efforts and cross fertilization among projects, they generally published single-author papers. However, their literature cited shows that, starting in about 2004, even those authors now usually publish multi-author papers. Without diminishing the achievements of the great integrators, we should give credit to all who contribute.

From the point of view of individual fitness, being a leader is not usually a good option, and game theory predicts that potential leaders should delay leadership as long as possible in the hope that someone else will take control (Shen *et al.* 2010). Victory belongs to the most numerous, and human societies have eliminated other human societies repeatedly, based mainly on who was numerically dominant, but aided by germs that evolved in the densest human populations (Diamond 1999). Numerically, evolutionary success went to individuals capable of following, rather than individuals capable of leading and, although leadership can be an evolutionary stable strategy, leaders should be rare in the population (Shen *et al.* 2010). When the call to arms was made, success went to those individuals who could tell where the majority were going and went with them. Individuals who joined smaller groups may have been following “the one true God” or the most “intelligent” and “just” leader, but they still died and did not pass their genes on to the next generation.

Some scientists envisage a system where all science is driven by state-of-the-art research led by scientists with a complete vision of how their data will be used by all stakeholders at all spatial and temporal scales. However, the social and scientific systems are now probably

de liderar e, embora a liderança possa ser uma estratégia evolutiva estável, os líderes devem ser raros na população (Shen *et al.* 2010). Quando houve a chamada para guerra, aqueles indivíduos que perceberam onde a maioria estava indo e foram junto, tiveram sucesso. Indivíduos que se juntaram a grupos menores podem ter seguido o “único Deus verdadeiro” ou o líder mais “inteligente” ou “justo”, mas provavelmente morreram e não passaram seus genes para a próxima geração.

Alguns pesquisadores preveem um sistema onde toda a ciência é impulsionada por pesquisa de ponta, liderada por cientistas com uma visão completa de como seus dados serão utilizados por todos os interessados, em todas as escalas espaciais e temporais. No entanto, os sistemas sociais e científicos atuais são provavelmente muito complexos para que qualquer indivíduo os compreenda completamente. Um sistema que funcionou bem para as sociedades patriarcais pode não ser bem sucedido no mundo moderno (Diamond 1999). O mundo já conheceu muitos “líderes supremos” grandes ou não, como César, Alexandre, Átila, Hitler e Gandhi, mas seus impérios desmoronaram após suas mortes. Isto é, aqueles líderes foram o sistema e o sistema não pôde viver sem eles. O sistema de líderes supremos não é estável e provavelmente é por isso que um sistema aparentemente ineficiente, como a democracia, pôde substituí-lo. Sistemas de monitoramento com base apenas na concorrência e



- *Estudantes do INPA durante curso de campo. Oferecer infraestrutura e flexibilidade é um diferencial para atrair jovens pesquisadores interessados em pesquisas de campo em biodiversidade.*
- *INPA students during field course. Providing infrastructure and flexibility is a differential to attract young researchers interested in field research in biodiversity.*

too complex for any individual to have such complete understanding of the system. A system that worked well for chiefdoms may not be successful in the modern world (Diamond 1999). The world has known many great and not-so-great “supreme leaders”, such as Caesar, Alexander, Attila, Hitler and Gandhi, but their empires crumbled after their deaths. That is, those leaders were the system, and the system could not live without them. The great-leader system is not stable, and this is probably why an apparently inefficient system, such as democracy, could replace it. Monitoring systems based only on competition and leadership by particular individuals are also not stable. Lindenmayer and Likens (2010), after extolling the importance of leadership, admitted that “Planning for leadership succession is very important in the maintenance of long-term monitoring programs. However, it is very difficult to do (and neither of us have done it

liderança de determinados indivíduos também não são estáveis. Lindenmayer e Likens (2010), depois de enaltecer a importância da liderança, admitiram que “planejar a sucessão da liderança é muito importante na manutenção de programas de monitoramento de longo prazo. Porém, é muito difícil de fazer (e nenhum de nós fez isso muito bem!)”. Um dos problemas em encontrar herdeiros para pesquisa fortemente orientada a um objetivo é encontrar cientistas jovens com os mesmos objetivos que o cientista mais velho teve ao desenvolver o programa décadas atrás. Cientistas com experiência e sabedoria para serem grandes líderes são geral-

very well!).” One of the problems with finding heirs to strongly objective-oriented research is in finding young scientists who still have the same objectives that the senior scientist had when developing the program decades earlier. Scientists with the experience and wisdom to be great leaders are usually old, so constructing systems that depend only on their questions is a short-term investment. Also, the “oversight” by such persons can often stifle the development of local research capability (Feinsinger *et al.* 2010).

Our evolved capacity to follow is one of the reasons that complex systems, such as democracy can function in the modern world. Each of us makes important decisions, but we



- Curso do PPBio na Reserva Ducke. Sistemas de monitoramento devem permitir que novas ideias sejam incorporáveis, valorizando a inovação e formação de novos pesquisadores.
- PPBio course in Reserva Ducke. Monitoring systems should allow new ideas to be embeddable, valuing innovation and training of new researchers.

mente velhos, assim, a construção de sistemas que dependam somente de suas perguntas é um investimento de curto prazo. Além disso, a supervisão por essas pessoas muitas vezes pode sufocar o desenvolvimento da capacidade de investigação local (Feinsinger *et al.* 2010).

Nossa capacidade de seguir é uma das razões para que sistemas complexos, como a democracia, funcionem no mundo moderno. Cada um de nós toma decisões importantes, mas delegamos a maioria das decisões para as pessoas acima ou abaixo de nós na hierarquia política. Uma vez que votei em meu representante ou entreguei meu carro ao mecânico, deixo-os livres para continuar o trabalho e só penso em interferir se algo der muito errado. Apenas ser parte de um sistema parece ser importante para os seres humanos e não nos sentimos bem se somos excluídos por qualquer motivo (Doidge 2010, Haidt & Graham 2009). Portanto, independentemente dos objetivos específicos, que podem levar anos ou décadas para serem atingidos, as pessoas precisam se sentir bem sendo parte do sistema e precisam ter confiança de que podem delegar autoridade para a maioria das decisões. Isso nem sempre é uma coisa boa. Milhões de pessoas pegaram em armas e morreram ou mataram por “Deus”, “Rei” ou “País” - geralmente com consequências infames (Diamond 1999, Dawkins 2006). Contudo, quase tudo que valorizamos na sociedade humana, incluindo a realização científica, vem de nossa capacidade de nos

delegate most decisions to people above or below us in the political hierarchy. Once I have voted for my representative, or left my car with the mechanic, I leave them to get on with the job, and only think of interfering if something goes radically wrong. Just being part of a system seems to be important for humans, and we do not feel good if we are excluded for any reason (Doidge 2010, Haidt and Graham 2009). Therefore, independent of the specific objectives, which may take years or decades to obtain, individuals need to feel good about being part of the system, and need to have confidence that they can delegate authority for most decisions. This is not always a good thing. Millions of people have taken up arms and died or killed for “God”, “King” or “Country” - often with very ignoble consequences (Diamond 1999, Dawkins 2006). Nevertheless, just about everything we value about human society, including scientific achievement, comes from our ability to feel good about participating in a system, even though the system is too complex for any of us to see the whole picture. This has apparently led to the evolution of universal moral values (Hauser 2006, Haidt and Graham 2009).

Contributing to the system has to be a valued objective, even if the individual does not consider himself a supreme leader. In Chapter 7 we will see that it is much easier today with the advent of modern data storage and management facilities. We will return to explicit considerations of individual and group participation in Chapter 6, but just as in democracies, the biodiversity-monitoring system has to take into account individual needs and freedoms or people will not want to participate. An example from political

sentirmos bem em participar de um sistema, mesmo que esse sistema seja complexo demais para que qualquer um de nós o veja por inteiro. Isso aparentemente levou à evolução de valores morais universais (Hauser 2006, Haidt & Graham 2009).

Contribuir para o sistema precisa ser um objetivo valorizado pelo indivíduo, mesmo se ele não se considerar um líder supremo. No Capítulo 7, veremos que hoje isso é muito mais fácil com o advento de sistemas modernos de armazenamento de dados e de ferramentas de gestão. Voltaremos às considerações explícitas do indivíduo e de sua participação no grupo no Capítulo 6, mas assim como nas democracias, o sistema de monitoramento da biodiversidade tem que levar em conta as necessidades e as liberdades individuais ou as pessoas não vão querer participar. Um exemplo de monitoramento político ilustra bem este aspecto. Muitos anos atrás, um de nós viajava através do deserto e pegou carona em um carro com dois homens, sendo cada um, um turista de um país diferente. Estávamos cansados, longe da cidade mais próxima, então estacionamos ao lado da estrada em uma área aparentemente desabitada e dormimos com a cabeça debaixo do carro para evitar o sereno. Cedo na manhã seguinte, a geada que se formou durante a noite transformou o deserto e as partes de nós que não ficamos debaixo do carro em branco brilhante. A paisagem branca surreal se prolongava até o horizonte por todos os lados. Para nossa surpresa, uma mulher corpulenta

monitoring illustrates this important aspect. Many years ago, one of us was hitch hiking through the desert and got a ride in a car with two men, each a tourist from a different country. We were tired, far from the nearest town, and so parked beside the road in an apparently uninhabited patch of desert, and slept with our heads under the car to avoid dewfall. Early the next morning, the frost that formed during the night turned the desert, and the parts of us sticking out from under the car, brilliant white. The surreal white landscape stretched to the horizon on all sides. Much to our surprise, a portly middle-aged woman holding a clip board woke us and announced in a strident voice: "National census – who is the head of this household?" - she meant the car! We replied to her questions and she left when we were not paying attention. This caused a strange sensation as we could not see anywhere she could have gone between us and the horizon. That woman was not a supreme leader and was not blindly following some religious doctrine. Although she probably did not know all the ways that the data she was collecting could be used, she had "fire in the belly", obviously felt good about being part of the monitoring program for her country, and collected data that no political scientist ensconced in the national capital could hope to record. **If we are to understand biodiversity, we will need many local census takers** in the desert - and in forests, swamps, the sea, and every other habitat (Feinsinger 2001, Janzen 2004).

There is no point in monitoring for monitoring's sake (MMS), as has been pointed out repeatedly (e.g. Yoccoz *et al.* 2001, Nichols and Williams 2006, Ferraz *et al.* 2008, McDonald-Madden *et al.* 2010).

de meia-idade segurando uma prancheta acordou-nos e anunciou em voz estridente: “Censo nacional - quem é o líder desse domicílio?” - ela quis dizer o carro! Nós respondemos às suas perguntas e ela nos deixou quando não estávamos prestando atenção. Isso causou uma sensação estranha, já que não podíamos ver qualquer lugar para onde ela poderia ter ido entre nós e o horizonte. Aquela mulher não era uma líder suprema e não estava seguindo cegamente uma doutrina religiosa. Embora ela provavelmente não soubesse como os dados que estava coletando poderiam ser usados, ela estava engajada, obviamente se sentia bem fazendo parte do programa de monitoramento de seu país e coletou dados que nenhum cientista político morando na capital nacional poderia imaginar.

Se quisermos compreender a biodiversidade, vamos precisar de muitos recenseadores locais no deserto - e em florestas, pântanos, oceanos e todos os outros habitats (Feinsinger 2001, Janzen 2004).

Não há nenhum ganho em monitorar pelo propósito de monitorar simplesmente (MMS), como tem sido apontado repetidamente (por exemplo, Yoccoz *et al.* 2001, Nichols & Williams 2006, Ferraz *et al.* 2008, McDonald-Madden *et al.* 2010). No entanto, a alternativa proposta muitas vezes é apenas fazer pesquisa convencional (mais do mesmo sistema, MMS). Os ‘sistemas’ propostos muitas vezes têm o mínimo de planejamento acima dos projetos individuais, mesmo que estes possam estar distribuídos ao longo de uma área extensa. Chamamos



- *A erva Costus lasius. A maior parte das árvores na Amazônia não floresce regularmente, mas as plantas herbáceas produzem flores em abundância, favorecendo a identificação de espécies e estudos ecológicos.*
- *The herb Costus lasius. Most trees do not flower regularly in the Amazon, but herbaceous plants produce flowers in abundance, favoring the identification of species and ecological studies.*

However, the alternative proposed is often just doing much more conventional research (much more of the same – MMS). The ‘systems’ proposed often have a minimum of planning above the individual projects, even though the individual projects may be distributed across a large area. We call such systems “mindless mega-science” (also MMS), not because a great deal of thought has not been applied to certain aspects, but because there is no explicit link to decision makers working in a tiered system across a variety of spatial and temporal scales. The different versions of MMS are often presented as though they represent different extremes along a common scale, but they all fall

tais 'sistemas' de mega-ciência sem sentido (também MMS), não porque uma grande quantidade de pensamento não tenha sido aplicada a certos aspectos, mas porque não há ligação explícita com os tomadores de decisão que trabalham em um sistema de camadas através de diversas escalas espaciais e temporais. As diferentes versões do MMS são frequentemente apresentadas como se representassem extremos opostos ao longo de uma escala comum, mas elas caem juntas na extremidade inferior de uma escala de planejamento para **tor- nar os resultados úteis para uma ampla gama de usuários operan- do em diversas escalas na hierar- quia política local a mundial**, o que é essencial para a conservação efetiva da biodiversidade (Monjeau 2010).

Descrever sistemas de avaliação da biodiversidade como manejo adaptativo tornou-se moda porque manejo adapta- tivo é o foco de alguns dos subprojetos. Por exemplo, Likens e Lindenmayer (2011) propuseram um sistema para a avaliação ambiental na Austrália que é muito parecido com o atual modelo de centro de investigação cooperativa (Conselho Australiano de Pesquisas, <http://www.arc.gov.au/>), com alguns princípios do PPBio agregados. Embora esses autores tenham chamado seu sis- tema de gestão adaptativa, pedindo ao público para dar dinheiro agora e pensar sobre as questões de grande escala e de gerenciamento de dados mais tarde, ele definitivamente não se enquadra dentro do que Nichols e Williams (2006) ou Gardner (2010) chamaram de gestão adaptativa.

together on the low end of a scale of planning to **make the results useful to a wide range of users from a wide range of scales in the local-to-global political hierarchy**, which is essential for effective conservation (Monjeau 2010).

It has become fashionable to describe biodiversity evaluation systems as adaptive management because adaptive management is the focus of some of the sub-projects. For instance, Likens and Lindenmayer (2011) proposed a system for Australian environmental evaluation that is very like the current cooperative-research-centre model (Australian Research Council, [http://www. arc.gov.au/](http://www.arc.gov.au/)), with a few PPBio principles tacked on. Although those authors called their system adaptive management, asking the public to give money now, and think about the large-scale questions and data management later definitely does not fall within what Nichols and Williams (2006) or Gardner (2010) called adaptive management.



- *A perereca Phyllomedusa tomatoperna. Um sistema efetivo de monitoramento da biodiversidade deve ser padronizado, hierárquico e oferecer resultados em escalas críticas para os tomadores de decisão.*
- *The frog Phyllomedusa tomatoperna. An effective system of biodiversity monitoring should be standardized, hierarchical and provide results to decision makers at critical scales.*

Ser parte do sistema é importante e as pessoas devem confiar nele. Há muitos editais para obter mais suporte para o monitoramento da biodiversidade e muitos pesquisadores defendem o aumento de financiamento para os atuais projetos orientados a objetivos restritos. Há boas razões para fazer isso ao invés de investir em um sistema melhor. Como apontado por Eidelman e Crandall (2009), “imaginar alternativas cognitivas é mais difícil, demorado e trabalhoso. Elas exigem imaginação e motivação, e um organismo sem motivação suficiente e que conserva energia irá evitá-lo”. Criar sistemas que são essencialmente réplicas do que já está sendo feito, sem nenhum investimento no planejamento de como os dados serão usados e nem garantindo que algumas escalas críticas sejam levadas em conta, é uma continuação da mesma tendência.

Por que não concentrar apenas na ‘grande’ questão? Como apontado por Feinsinger *et al.* (2010), “uma questão que é sedutora para um aluno do ensino fundamental pode não ser para um agricultor ou um cientista treinado, e vice-versa”. Quem provavelmente irá contribuir mais para o sistema no longo prazo, o velho cientista que quer um artigo na revista *Nature* como sua última contribuição à ciência ou o aluno do ensino fundamental que pode desenvolver um senso de comunidade porque alguém instalou a infraestrutura adequada? Um sistema não pode fazer tudo e não pode atender às necessidades de cada indivíduo. Contudo, como a democracia, **um sistema efetivo**

Being part of the system is important, and people must trust the system. There are many calls for more support for biodiversity monitoring and many researchers advocate increasing funding for the existing objective-oriented projects. There are good reasons to do this rather than investing in a better system. As pointed out by Eidelman and Crandall (2009), “Imagining cognitive alternatives is more difficult, time-consuming, and effortful. It requires imagination and motivation, and an energy-conserving organism without sufficient motivation will avoid it.” Creating systems that are essentially replicates of what is already being done without any investment in planning for how the data will be used, and ensuring that a few critical scales are taken into account, is an extension of the same tendency.

Why not just focus on the ‘big’ question? As pointed out by Feinsinger *et al.* (2010), “A question that’s seductive to the schoolchild might not be so to the farmer or trained scientist, and vice versa.” Who is most likely to contribute most to the system in the long term, the old scientist who wants a paper in *Nature* for his dying swan song, or the school child who might develop a sense of place because someone installed the appropriate infrastructure? A system cannot do everything and it cannot attend to the needs of every individual. Nevertheless, like democracy, **an effective biodiversity-monitoring system must be standardized and hierarchical, and return results for a few critical scales, while allowing individual freedom to innovate**, that it is the only way that we will be able to recruit enough dedicated individuals with “fire in the belly” to make biodiversity research relevant to decision makers.

de monitoramento da biodiversidade deve ser padronizado, hierárquico e retornar resultados para algumas escalas críticas, ao mesmo tempo em que permite a liberdade individual para inovar. Essa é a única maneira de sermos capazes de recrutar indivíduos suficientemente dedicados e engajados para fazer pesquisa em biodiversidade que seja relevante para os tomadores de decisão.

Modelos conceituais

Pesquisadores frequentemente usam 'modelos conceituais', que nada mais são que fluxogramas ou desenhos esquemáticos que ilustram aos leigos ou novos pesquisadores da área as

Conceptual models

Researchers often use 'conceptual models', which are really just flow charts or cartoons that illustrate to lay people, or researchers new to the area, the probable relationships between the physical-chemical environment and the organisms they work on (Borman and Likens 1967). They are useful for research teams working in local areas as they are a visual representation of our present model of the system (sometimes called the 'state of the art', 'null hypothesis', 'flow chart', 'structural equation model' or 'systems analysis', depending on our scientific sub-culture). Conceptual models are dynamic. As noted by Stohlgren (1995), "Unlike archetypical short-term, single-hypothesis field experiments, long-term studies need not be (and perhaps should not be) designed to



- *O fungo Cookeina tricholoma. A biodiversidade de fungos é enorme nos trópicos, mas sua diversidade ainda é pouco conhecida.*
- *The fungus Cookeina tricholoma. The diversity of fungi in the tropics is huge, but many species remain unknown to science.*

prováveis relações entre o ambiente físico-químico e os organismos com que trabalham (Borman & Likens 1967). Eles são úteis para equipes de pesquisa que trabalham em áreas pequenas porque são uma representação visual do nosso modelo atual do sistema (às vezes chamado de ‘estado da arte’, ‘hipótese nula’, ‘fluxograma’, ‘modelo de equações estruturais’ ou ‘análise de sistemas’ dependendo da nossa subcultura científica). Modelos conceituais são dinâmicos. Como observado por Stohlgren (1995), “ao contrário do arquétipo de experimentos de campo de curto prazo e com uma única hipótese, estudos de longo prazo não precisam ser (e talvez não deveriam ser) projetados para atender uma hipótese bem definida. Como a maioria dos experimentos de campo, estudos de longo prazo enfrentam problemas conceituais - como a variabilidade ambiental, equilíbrios estáveis múltiplos, efeitos de feedback indireto e a dinâmica transiente - que não podem ser facilmente resolvidos no início do estudo. **Planejamento cuidadoso e anos de coleta de dados podem ser necessários para desenvolver um modelo conceitual preciso do sistema em estudo**”. Os pesquisadores do PPBio - Australasia desenvolveram um modelo conceitual para retratar as principais relações que estão sendo investigadas nas grades RAPELD Australianas.

Ao contrário dos fluxogramas publicados pela maioria dos projetos, o modelo conceitual do PPBio australiano inclui o homem. No entanto, este diagrama mostra somente o projeto local

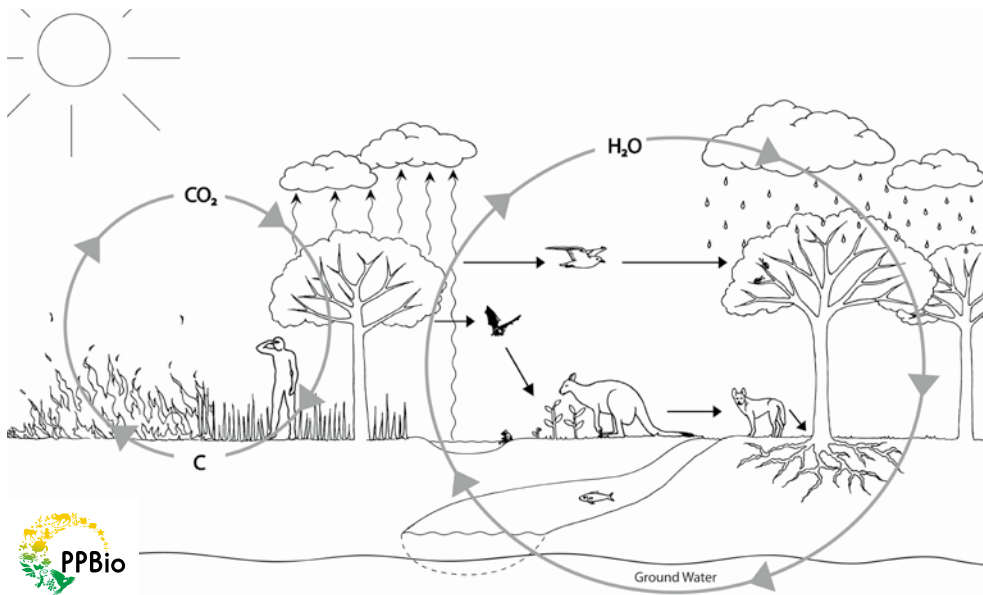


- O Tucano-grande-de-papo-branco, *Ramphastos tucanus tucanus*. Mesmo grupos relativamente bem conhecidos na Amazônia têm problemas básicos de taxonomia que demandam a integração de dados de diferentes pesquisadores para serem trabalhados.
- The White-throated Toucan, *Ramphastos tucanus tucanus*. Even relatively well-known groups in the Amazon have basic taxonomy problems that require the integration of data from different investigators to be resolved.

address a well-defined hypothesis. Like most field experiments, long-term studies face conceptual problems - such as environmental variability, multiple stable equilibria, indirect feedback effects, and transient dynamics - that cannot be addressed easily at the beginning of the study. **Careful planning and years of data may be needed to develop an accurate conceptual model of the system under study.**”

The researchers of PPBio – Australasia developed a cartoon to depict the principal relationships being investigated in Australian RAPELD grids.

Unlike the cartoons published by most projects, the Australian PPBio conceptual model includes humans. However, such a diagram depicts only the local project, and should not be confused with a conceptual



- Modelo conceitual para retratar as principais relações que estão sendo investigadas com o sistema RAPELD na Austrália.
- Conceptual model to depict the main relationships that are being investigated within the RAPELD system in Australia.

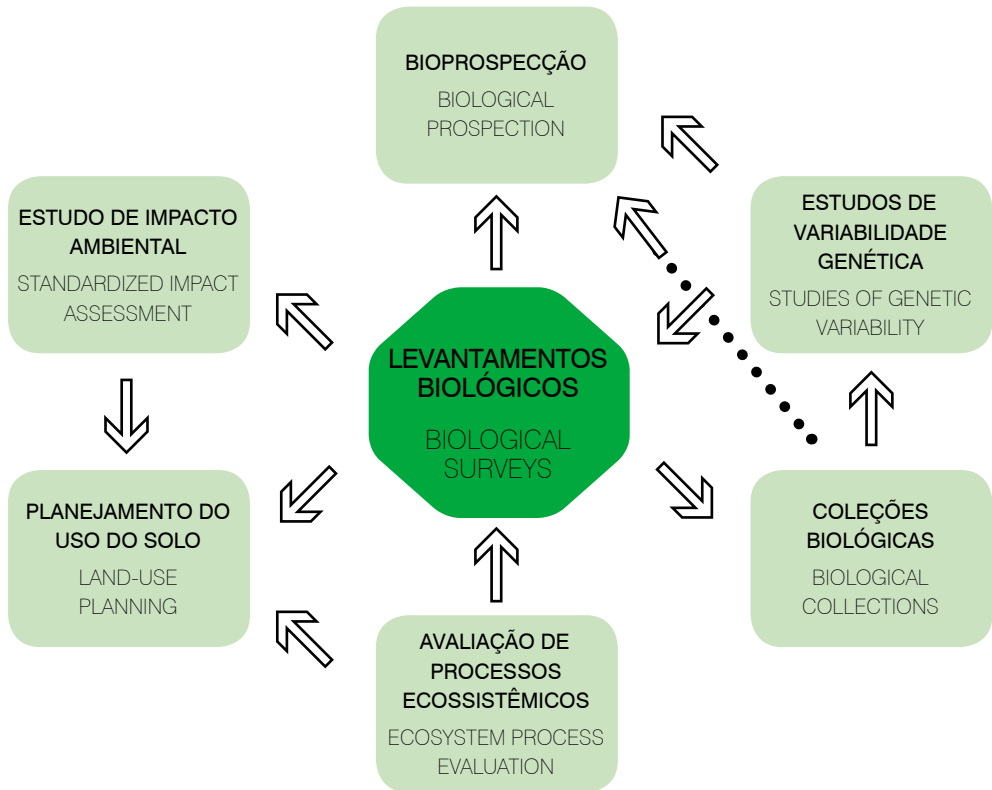
e não deve ser confundido com um mapa conceitual de um sistema, que é muito maior do que o modelo conceitual (Gardner 2010). A figura modificada de Beattie *et al.* (2011) mostra um esquema proposto por um Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia brasileiro, o Centro de Estudos Integrados da Biodiversidade da Amazônia (CENBAM), que é um sistema para apoiar as atividades do PPBio na Amazônia. O RAPELD é apenas um dos subsistemas dentro da caixa central, que representa a pesquisa biológica. Muitas outras caixas são necessárias para representar outras atividades dentro do programa de biodiversidade, mas individualmente os subsistemas não produzem informações úteis para os tomadores de decisão (Haberl *et al.* 2006, Ekstrom & Young 2009). São as setas entre as caixas que transformam

map of a system, which is much larger than the conceptual model (Gardner 2010). The figure modified from Beattie *et al.* (2011) shows a flow chart proposed by a Brazilian National Institute of Science and Technology, the Center for Integrated Studies of Biodiversity in the Amazon (CENBAM), which is a system to support PPBio activities in the Amazon. RAPELD is only one of the subsystems within the central box, which represents biological survey. Many other boxes are necessary to represent other activities within the biodiversity program, but the subsystems do not produce information useful to decision makers by themselves (Haberl *et al.* 2006, Ekstrom and Young 2009). It is the arrows between the boxes that change a collection of activities into a system. This is the politics of science and we believe that such a system should follow democratic principles to be effective in the long term.

um agrupamento de atividades em um sistema. Esta é a política da ciência e acreditamos que um sistema como esse deve seguir os princípios democráticos para ser eficaz no longo prazo.

É importante observar que o sistema não envolve apenas acadêmicos. As setas à esquerda do diagrama (a lógica dos fluxogramas ocidentais sugere que elas deveriam ter sido desenhadas à direita) estão entre a comunidade acadêmica e os tomadores de decisão, que irão utilizar as informações para o ordenamento do uso da terra e para outras políticas governamentais e não-

It is important to note that the system does not only involve academics. The arrows to the left of the diagram (the logic of western flow charts suggests that they should have been to the right) are between the academic community and the decision makers, who will use the information for land-use planning and other government and non-governmental policy. We believe that it is the absence of such a higher-order conceptual diagram that makes it difficult to evaluate most proposals for biodiversity evaluation and monitoring systems. In fact, most 'systems', such as the International Long-Term Ecological Research (ILTER) sites are no more than loosely connected collections



● Figura modificada de Beattie et al. (2011) com um esquema proposto pelo CENBAM. O sistema RAPELD é apenas uma parte da caixa central que representa a pesquisa biológica.
 ● Scheme proposed by CENBAM (modified from Beattie et al. 2011). The RAPELD system is only a part of the central box representing biological survey.

-governamentais. Acreditamos que é a ausência de tal diagrama conceitual de ordem superior que torna difícil avaliar a maioria das propostas para sistemas de monitoramento da biodiversidade. Na verdade, a maioria dos 'sistemas', como os sítios do projeto de Pesquisa Ecológica de Longa Duração Internacional (ILTER), nada mais é que coleções de projetos locais vagamente conectados (Hero *et al.* 2010). Nós temos participado de muitos deles e não queremos denegrir as contribuições importantes de tais projetos. Entretanto, **nos capítulos seguintes mostraremos como a adição de alguns métodos espacialmente padronizados pode aumentar muito a utilidade dos resultados para os tomadores de decisão.**

A escala da tomada de decisão

Decisões políticas são tomadas em escalas hierárquicas a partir de um local para todo o planeta. **Para um sistema de pesquisa biológica influenciar esses sistemas ele deve ser capaz de fornecer dados de forma hierárquica em todos os níveis para os tomadores de decisão** (Monjeau 2010, Curtin 2010). A 'otimização' do sistema, para qualquer nível em particular, excluirá sua utilização pelos tomadores de decisão de outros níveis e efetivamente irá removê-lo da maior parte do sistema democrático, e essa maior especialização não conduz necessariamente a um maior sucesso acadêmico (Belmaker *et*

of local projects (Hero *et al.* 2010). We have participated in many of them and we do not want to denigrate the important contributions of such projects. However, **in the following chapters, we hope to show how supplementing with a few spatially-standardized methods can greatly increase the utility of the results to decision makers.**

The scale of decision making

Political decisions are made in a hierarchy of scales from the local site to the whole planet. **For a biological-survey system to influence those systems it must be able to provide data in hierarchical form to decision makers at all levels** (Monjeau 2010, Curtin 2010). 'Optimization' of the system for any particular level will exclude its use by decision makers at other levels and effectively remove it from most of the democratic system, and over specialization does not necessarily lead to greater academic success (Belmaker *et al.* 2010). Of course, this makes planning much more difficult, and it is one of the reasons that many scientists, such as Lindenmayer and Likens (2010) and McDonald-Madden *et al.* (2010), have opted for models where the parts of the system are supposedly optimized by the use of probabilistic assembly-line models, and it is expected that the whole system will self organize. Systems do self organize, but only under evolutionary pressure and selection for certain attributes. System justification has historical (Uhlmann *et al.* 2009) and nationalistic (Ferguson *et al.* 2009) roots that should not be ignored, and may explain the

al. 2010). Obviamente, isso torna o planejamento muito mais difícil e é uma das razões pelas quais muitos cientistas, tais como Lindenmayer e Likens (2010) e McDonald-Madden *et al.* (2010), optaram por modelos onde as partes do sistema são supostamente otimizadas pelo uso de modelos de linha de montagem probabilísticos, esperando que todo o sistema se organize sozinho. Sistemas se auto-organizam de fato, mas apenas sob pressão evolutiva e seleção de determinados atributos. A justificativa de um sistema tem raízes históricas (Uhlmann *et al.* 2009) e nacionalistas (Ferguson *et al.* 2009) que não devem ser ignoradas e podem explicar o fervor com que muitos pesquisadores defendem seus paradigmas acadêmicos. No entanto, os sistemas que foram historicamente eficazes na competição entre países podem não ser a melhor opção para o monitoramento global da biodiversidade.

Uma das principais razões pela qual os pesquisadores não planejam em níveis acima do seu próprio estudo, é que não temos as ferramentas de estatística/matemática para lidar com tais modelos hierárquicos complexos. Para lidar com esse problema, é necessário usar o sistema de computação mais sofisticado que já existiu, o cérebro humano. Ele é o único computador realmente capaz de integrar cenários de enorme complexidade através de diversas escalas. Devemos ter cuidado ao levar em conta o lado emocional da tomada de decisão humana (Hauser 2006, Doidge 2010), mas ele não deve ser excluído do processo (Haberl *et al.* 2006, Curtin 2010). A seção



- *A Preguiça-bentinho, Bradypus tridactylus, e seu filhote. A maioria das propostas para sistemas de monitoramento da biodiversidade não foi capaz de favorecer maior integração de projetos individuais.*
- *Pale-throated three-toed sloth, Bradypus tridactylus, and its cub. Most proposals to create biodiversity monitoring systems have failed to integrate individual projects.*

fervor with which many researchers defend their research paradigms. However, systems that were historically effective in competition between countries may not be the best option for global monitoring of biodiversity.

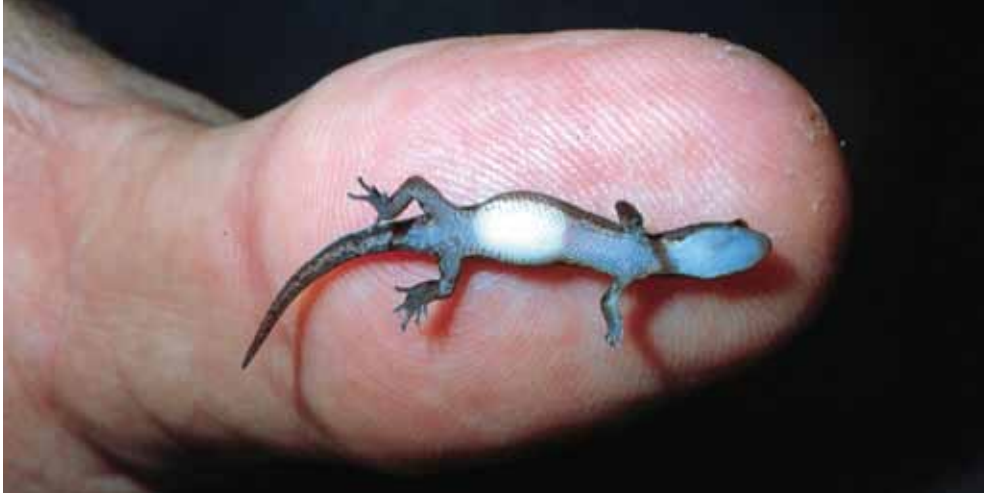
A major reason that researchers do not plan at levels above their own study is that we do not have the statistical/mathematical tools to deal with such complex hierarchical models, and it is necessary to use the most sophisticated computing system that has ever existed, the human brain, to deal with the problem. It is the only computer presently capable of integrating enormously complex scenarios across a multitude of scales. We must be careful to take into account the emotional side of human decision making

- *Descrição da infraestrutura, ciência, legislação e atores envolvidos necessários para a gestão da biodiversidade em múltiplas escalas, amplamente baseado no Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) brasileiro e seus atores associados, mas aplicável à maioria dos países. Módulos, grades e parcelas são elementos do sistema de pesquisa de campo RAPELD descrito em detalhes no próximo capítulo. (Modificada de Magnusson et al. 2013).*

ESCALA SCALE	INFRAESTRUTURA PPBIO PPBio INFRASTRUCTURE	CIÊNCIA SCIENCE	>
Global Global	Redes internacionais International networks	Macro-ecologia Macro-ecology Ciclos biogeoquímicos Bio-geo-hydro-cycles	
Nacional National	Conjunto de módulos Arrays of modules	Biomass Biomes Ecossistemas Ecosystems Biogeografia Biogeography	
Regional Regional	Nós: conjunto de módulos e grades Nodes: Arrays of modules and grids	Ecossistemas Ecosystems Filogeografia Phylogeography Taxonomia Taxonomy Bioprospeção Bioprospection	
Local Local	Módulos e grades Modules and grids	Paisagem Landscape Ecologia Ecology Taxonomia Taxonomy Bioprospeção Bioprospection	
Sítio Site	Parcelas Plots	Taxonomia Taxonomy Bioprospeção Bioprospection	

- Description of the infrastructure, science, legislation and stakeholders needed for biodiversity management at multiple scales broadly based on the Brazilian Program for Biodiversity Research (PPBio) and associated stakeholders, but applicable to most countries. Modules, grids and plots are elements of the RAPELD field survey system described in detail in the next chapter. (Modified from Magnusson et al. 2013).

	POLÍTICA / LEGISLAÇÃO POLICY / LEGISLATION	POTENCIAIS INTERESSADOS (BRASIL) POTENTIAL STAKEHOLDERS (BRAZIL)
	Convenções Internacionais sobre Biodiversidade Biodiversity Conventions	PELD ILTER IUCN IUCN ONGs internacionais International NGOs Agências das Nações Unidas UN agencies
	Leis federais National laws	Ministério da Ciência e Tecnologia Ministry of Science Ministério do Meio Ambiente Ministry of Environment Organizações nacionais de pesquisa National Research organizations ONGs nacionais National NGOs
	Regulamentações estaduais State regulations	Institutos de pesquisas estaduais State Research Institutes Órgãos estaduais de planejamento State Government planning agencies
	Normas municipais Municipal ordinances	Universidades Universities Administradores de unidades de conservação Park administrators Bioprospectores Bioprospectors
	Regulação de visitantes Visitor regulation	Estudantes, comunidades locais Students, local community groups Voluntários Volunteers



- *O minúsculo lagarto Coleodactylus amazonicus. Ainda que a concepção de um sistema inovador seja uma tarefa científica e técnica, é o contexto político que definirá como os dados poderão ser usados pelos tomadores de decisão.*
- *The tiny lizard Coleodactylus amazonicus. Although the design of an innovative system is a scientific and technical task, it is the political context that defines how the data is used by decision makers.*

especial da revista *Ecology* que discutiu um único modelo bayesiano hierárquico de epidemiologia ilustra as dificuldades de parametrização de modelos hierárquicos conceitualmente muito simples, no mundo real (Lavine 2010). O modelo apresentado, e bastante criticado, focou apenas na biologia do sistema e quase não considerou as incertezas políticas na tentativa de implementar o controle da doença. Tais modelos simplistas podem ser extremamente úteis, mas não devemos perder de vista o fato de que eles: i) são apenas uma parte muito pequena do sistema, ii) serão aplicados somente em uma gama extremamente limitada de escalas espaciais e temporais, e iii) se baseiam na entrada e saída de variáveis extremamente simplificadas.

Este capítulo considerou o sistema político no qual um sistema de monitoramento da biodiversidade deve ser

(Hauser 2006, Doidge 2010), but it should not be excluded from the process (Haberl *et al.* 2006, Curtin 2010). The special section of *Ecology* discussing a single Bayesian hierarchical model of epidemiology illustrates the difficulties of parameterizing even conceptually very simple hierarchical models in the real world (Lavine 2010). The model presented, and roundly criticized, focused only on the biology of the system and considered almost none of the political uncertainties in trying to implement disease control. Such simple models can be extremely useful, but we should not lose sight of the fact that they: i) are only one very small part of the system, ii) will apply only at an extremely limited range of spatial and temporal scales, and iii) relate to only extremely simplified input and output variables.

This chapter has considered the political system in which a biodiversity-monitoring system must be inserted. People make

inserido. Pessoas tomam decisões automáticas implícitas em sistemas sociais e políticos com as quais elas não concordam quando avaliam conscientemente as opções (Jost *et al.* 2009) e acreditamos que isso também se aplica a decisões sobre a pesquisa em biodiversidade. Nós destacamos uma série de questões políticas, mas não fornecemos respostas fáceis e não acreditamos que respostas fáceis estarão disponíveis para esses problemas por um longo tempo. Entretanto, **acreditamos que as questões que discutiremos nos capítulos seguintes, que são muito mais restritas e técnicas, só poderão ser avaliadas se não perdemos de vista o sistema como um todo e como os dados podem ser usados pelos tomadores de decisão.** Para construir um sistema viável, como na política democrática, teremos que nos concentrar em algumas escalas e processos-chave, deixando outros aspectos para estudos auxiliares de curto prazo mais detalhados. Nós não pedimos desculpas por isso, porque acreditamos que, como no mundo real da política democrática, essa é a única maneira de conseguir um sistema inovador e estável que atenderá as necessidades de uma grande proporção da população humana. ■

implicit automatic decisions in social and political systems that they do not support when they consciously evaluate the options (Jost *et al.* 2009), and we believe that also applies to decisions about biodiversity research. We have highlighted a number of political issues, but have not provided any easy answers, and we do not believe that easy answers will be available for these problems for a long time. However, **we believe that the issues we discuss in the following chapters, which are much more restricted and technical, can only be evaluated if we do not lose sight of the overall system and how the data may be used by decision makers.**

To construct a workable system, as in democratic politics, we will have to focus on some key scales and processes, and leave other aspects to more detailed short-term ancillary studies. We do not apologize for this, because we believe that, as in real-world democratic politics, it is the only way to achieve a stable innovative system that will attend to the needs of a great proportion of the world's human population. ■

SAIBA MAIS READ MORE

- **Núcleos Regionais do PPBio**
<http://ppbio.inpa.gov.br/nregionais>
- **PPBio Internacional**
<http://ppbio.inpa.gov.br/ppbiointer>



Capítulo III
Chapter III





A organização espacial da biodiversidade

A biodiversidade é diferente da maioria das outras coisas que nós monitoramos. O livro publicado pelo Centro Mundial de Monitoramento e Conservação (Groombridge 1992) tem 585 páginas e existem muitas novas definições de biodiversidade publicadas desde então. Nós consideraremos várias definições operacionais de biodiversidade no Capítulo 4. Entretanto, por ora será apenas necessário reconhecer que biodiversidade é um conceito multivariado que na mente do público em geral e dos tomadores de decisões não é equivalente a uma única espécie ou a uma variável da estrutura da floresta (Buckland *et al.* 2005). Por isso, é tão difícil embuti-la em modelos probabilísticos com poucas entradas e uma saída única, como se estivéssemos estudando o clima.

The Spatial Organization of Biodiversity

Biodiversity is different from most other things we monitor. The book by the World Conservation Monitoring Centre (Groombridge 1992) is 585 pages long, and many newer definitions have been added. We will consider various operational definitions of biodiversity in Chapter 4. However, for now, it is only necessary to recognize that biodiversity is a multivariate concept that is not equivalent in the minds of the general public and decision makers to a single species or a forest-structure variable (Buckland *et al.* 2005). That is why it is so difficult to force into probabilistic models with few inputs and a single output, as though we were studying weather. Biodiversity management is far more complex than managing to maximize the number of ducks

O manejo da biodiversidade é muito mais complexo do que buscar maximizar o número de patos que irão ser mortos por caçadores na América do Norte (Nichols & Williams 2006, Ferraz *et al.* 2008) ou monitorar a quantidade de CO₂ na atmosfera (Lindenmayer & Likens 2010), principalmente porque é extremamente difícil conseguir que tomadores de decisão sejam explícitos acerca do que eles querem manejar.

Uma das complexidades de se estudar a biodiversidade é que ela não tem relação simples com o espaço geográfico. Se nós soubermos que a concentração média de NO₃ em um hectare de solo de Hubbard Brook é Y e que a concentração média de NO₃ em outro hectare de solo de Hubbard Brook é X, então nós podemos estimar a concentração média de NO₃ nos dois hectares como $(Y+X)/2$. No entanto, saber que há 3 espécies de algum gênero de planta em um hectare de Hubbard Brook e 4 espécies do mesmo gênero em outro hectare nos informa pouco sobre o número médio de espécies por hectare naqueles dois hectares. O número médio pode ser $(4+3)/2=3.5$ se cada hectare tem espécies diferentes ou $4/2=2$ se 3 espécies em um hectare são as mesmas espécies que ocorrem no hectare com 4 espécies. Portanto, tomadores de decisão precisam ser muito mais específicos sobre a unidade espacial que eles querem manejar para biodiversidade do que para variáveis que têm relações simples com o espaço. As questões espaciais para a biodiversidade são complexas e nós não podemos atualizar o leitor neste livro curto. Todas

to be killed by North American hunters (Nichols and Williams 2006, Ferraz *et al.* 2008) or monitoring the quantity of CO₂ in the atmosphere (Lindenmayer and Likens 2010), not the least because it is extremely difficult to get decision makers to be explicit about what they want to manage.

One of the complexities of studying biodiversity is that it does not have simple relationships with geographic space. If we know that the mean concentration of NO₃ in the soil in one hectare of Hubbard Brook is Y, and the mean concentration of NO₃ in the soil in another hectare of Hubbard Brook is X, then we can estimate that the average concentration of NO₃ in the two hectares as $(Y+X)/2$. However, knowing that there are 3 species of some genus of plant in one hectare of Hubbard Brook, and 4 species of the same genus in another hectare tells us little about the mean number of species per hectare in those two hectares. The mean number may be $(4+3)/2=3.5$ if the each hectare has different species, or $4/2=2$ if the 3 species in one hectare are the same species that occur in the hectare with 4 species. Therefore, decision makers have to be much more specific about the spatial units they want to manage for biodiversity than for variables that have simpler relationships with space. The spatial issues for biodiversity are complex, and we cannot bring the reader up to speed in this short book. All the major theories of biodiversity can be expressed in terms of spatial geometry (McGill 2010). We recommend that readers not familiar with the spatial concepts relating to biodiversity start with Hubbell's (2001) book "The unified neutral theory of biodiversity and biogeography", and then review the subsequent literature that has tried to refine

as principais teorias sobre biodiversidade podem ser expressas em termos de geometria espacial (McGill 2010). Nós recomendamos que os leitores não familiarizados com os conceitos espaciais relacionados com a biodiversidade iniciem com o livro de Hubbell (2001) sobre a Teoria Neutra Unificada da Biodiversidade e Biogeografia e então revisem a literatura subsequente que tem tentado refinar o conceito (por exemplo, Hubbell 2005, Hubbell 2010, McGill 2010, Rosindell 2011).

É surpreendentemente difícil retirar uma amostra aproximadamente ao acaso de qualquer coisa. Porém, mesmo quando nós podemos, as estimativas realizadas a partir daquela amostra

the concepts (e.g. Hubbell 2005, Hubbell 2010, McGill 2010, Rosindell 2011).

It is surprisingly difficult to take an approximately random sample of anything. However, even when we can, the estimates from that sample are surprisingly imprecise (Pielou 1984). Krebs (2010) explains why ecological studies do not involve complete randomization, as would be desired by a statistician. For variables, such as species, higher-taxonomic-units, genotypes, and functional-group densities, with strongly nonlinear relationships with space, the analyses are orders of magnitude more complex. **These nonlinearities create clumps in space, which translate into spatial autocorrelation in the variables measured.** Again, we



- *O macaco Saimiri sciureus. Ainda que ocorra em vários ambientes, é mais comum em florestas alagadas de várzeas e em florestas secundárias, sendo praticamente ausente de florestas de terra firme na Amazônia.*
- *Common Squirrel Monkey, Saimiri sciureus. Although it occurs in different types of forest, this species is more common in floodplain forests and secondary forests, and is mostly absent from terra-firme forests in the Amazon.*

são surpreendentemente imprecisas (Pielou 1984). Krebs (2010) explica porque estudos ecológicos não podem envolver aleatorização completa, como seria desejado por um estatístico. Para variáveis taxonômicas, tais como espécies, unidades taxonômicas mais altas, genótipos e densidades de grupos funcionais com forte relação não-linear com o espaço, as análises são ordens de magnitude mais complexas. **As não-linearidades geram agrupamentos no espaço, que se traduzem em autocorrelação espacial nas variáveis medidas.** Novamente, nós não podemos revisar estes conceitos aqui e há vários bons livros sobre o tema (por exemplo, Legendre & Legendre 1998, Fortin & Dale 2005). Landeiro e Magnusson (2011) dão uma introdução à literatura para biólogos da conservação. Todas as relações são dependentes da escala em que são estudadas (Levins 1995), mas as relações da biodiversidade dependem muito mais do que as outras (Feinsinger 2001). Esta é a razão pela qual é quase impossível ajustar as escalas das medidas utilizando modelos, a menos que algumas variáveis chaves sejam medidas nas mesmas escalas espaciais. Postergar os pensamentos sobre a integração através das escalas para o fim do estudo (Lindemayer & Likens 2010) provavelmente seria muito custoso em termos de resultados úteis obtidos por dólar investido.

Em função da relação não-linear com a distância, a diversidade é específica para a escala estudada e isto levou ao conceito de diversidade alfa (dentro da unidade amostral), beta (muitas vezes

cannot review those concepts here, and there are several good books on the subject (e.g. Legendre and Legendre 1998, Fortin and Dale 2005). Landeiro and Magnusson (2011) give an introduction to the literature for conservation biologists. All relationships depend on the scale that is studied (Levins 1995), but biodiversity relationships much more than others (Feinsinger 2001). That is why it is almost impossible to scale up using models, unless at least some key variables are measured at the same spatial scales, and putting off thinking about integration across scales until the end of the study (Lindemayer and Likens 2010) is likely to be very costly in terms of usable results obtained for dollars spent.

Because of the nonlinear relationships with distance, diversity is specific to the scale studied, and this has led to the concepts of alpha (within sampling unit), beta (often considered, perhaps erroneously between sampling unit), and gamma diversity (e.g. Crist *et al.* 2003, Jost 2007, Tuomisto 2010a,b, Scheiner *et al.* 2011). As defined by Tuomisto (2010a,b) and Scheiner *et al.* (2011), the magnitudes of alpha and gamma diversities depend on the size and number of sampling units, i.e. they describe survey design rather than community, and are characteristics of the researcher rather than the biological associations (see also Buckland *et al.* 2005). Without standardization among studies, they become completely meaningless concepts for practical applications, though that has not precluded their use in countless academic publications. Differences in species composition among sampling units are represented as distances on graphs in multivariate statistics (Legendre and Legendre 1998), and may be referred to as distances

considerada, talvez erroneamente, entre unidades amostrais) e gama (por exemplo, Crist *et al.* 2003, Jost 2007, Tuomisto 2010a,b, Scheiner *et al.* 2011). Conforme definido por Tuomisto (2010a,b) e Scheiner *et al.* (2011), a magnitude das diversidades alfa e gama é dependente do tamanho e do número de unidades amostrais, ou seja, elas descrevem levantamentos em vez de comunidades e são mais características do pesquisador que de associações biológicas (veja também Buckland *et al.* 2005). Sem padronização entre os estudos, elas se tornam conceitos completamente sem significado para aplicações práticas, ainda que isto não tenha impedido a sua utilização em inúmeras publicações acadêmicas. Diferenças na composição de espécies entre as unidades amostrais são representadas como distâncias em gráficos de estatística multivariada (Legendre & Legendre 1998) e podem ser referidas como distâncias ou associações. Na literatura da biologia da conservação, tais diferenças são referidas como complementaridade (Margules & Pressey 2000, Caro 2010) e as unidades amostrais podem não ser arbitrárias, como quando escolhas são feitas entre unidades de conservação pré-definidas. O caso mais extremo de complementaridade é a insubstituibilidade, que ocorre quando uma característica está presente em uma potencial unidade de conservação e em nenhum outro lugar (Pressey *et al.* 1993). **Em quase todos os casos em que nós fomos capazes de forçar os tomadores de decisão a serem explícitos com relação às informações que eles queriam**



- *Anodorhynchus hyacinthinus*, a Arara-azul-grande. No final da década de 80, população total da espécie foi estimada em apenas 2500 indivíduos, dizimada pela destruição de habitats e pelo comércio ilegal. O combate a essas práticas permitiu que o número de indivíduos aumentasse.
- *Anodorhynchus hyacinthinus*, Hyacinth Macaw. In the late 1980s, the total population of the species was estimated at only 2500 individuals, wiped out by habitat destruction and illegal trade. Combating these practices has allowed the number of individuals to increase.

or associations. In the conservation-biology literature, such differences are referred to as complementarity (Margules and Pressey 2000, Caro 2010), and sampling units may not be arbitrary, as when choices are made among predefined conservation units. The most extreme case of complementarity is irreplaceability, which occurs when a feature is present in one potential conservation unit and nowhere else (Pressey *et al.* 1993). **In almost all the cases in which we have been able to force decision makers to be explicit about what they wanted to use**

obter dos dados, eles estavam interessados em complementaridade, geralmente para decidir se a biodiversidade a ser perdida devido ao desenvolvimento de infraestrutura era insubstituível. Contudo, os tomadores de decisão entendem estes conceitos vagamente e uma das principais atividades do PPBio no Brasil tem sido treinar analistas ambientais para tornar mais explícitos os critérios que eles usam para tomar decisões, como a complementaridade.

Nas seções seguintes, descreveremos algumas das decisões que nós tomamos enquanto desenvolvíamos o sistema RAPELD (Magnusson *et al.* 2005, Costa & Magnusson 2010). Todas foram compromissos entre demandas, teoria e viabilidade, e outras combinações poderiam ter sido igualmente efetivas. No entanto, à medida que as decisões individuais se acumularam no sistema, nossas opções se estreitaram porque os efeitos de mudanças aparentemente sem consequências seriam amplificados quando propagassem através do sistema. Nós não tínhamos previamente entendido a importância do efeito borboleta em sistemas complexos e, assim como Lindemayer e Likens (2010), tínhamos assumido que a integração poderia ser deixada para o final. Reconhecemos agora a magnitude daquele erro, e o sistema RAPELD que nós descrevemos foi delineado para reduzi-lo.

Lições de Alter do Chão

Nós estudamos a biodiversidade da região de Alter do Chão, no Estado do Pará, Brasil, por muitos anos. Ela fica

the data for, they were interested in complementarity, usually to decide whether biodiversity to be lost due to infrastructure development was irreplaceable. However, decision makers understand these concepts only vaguely, and one of the main activities of the PPBio in Brazil has been to train environmental analysts to make the criteria on which they make decisions, such as complementarity, more explicit.

In the following sections, we will describe some of the decisions we made while developing the RAPELD system (Magnusson *et al.* 2005, Costa and Magnusson 2010). All were compromises among demand, theory and viability, and other combinations may have been equally effective. However, as the individual decisions accumulated into a system, our options narrowed, because the effects of seemingly inconsequential changes amplified as they rippled through the system. We had not previously understood the importance of butterfly effects in complex systems, and had assumed, like Lindemayer and Likens (2010), that integration could be left till last. We now recognize the magnitude of that error and the RAPELD system we describe is designed to reduce this error.

Lessons from Alter do Chão

We have studied the biodiversity of the Alter do Chão region in Pará State, Brazil, for many years. It lies near the center of the Amazon, but is at the lower end of rainfall regimes for the maintenance of tropical forest, and this results in a mosaic of savannas and forest patches that may be of anthropogenic in origin, but that have existed in the region for millennia (Sampaio *et al.* 2010). One of the major objectives of the studies was to understand the

próxima ao centro da Amazônia, mas está no limite inferior do regime de chuvas para a manutenção da floresta tropical, e isto resulta em um mosaico de savanas e manchas de florestas que podem ser de origem antropogênica, mas que tem existido na região por milênios (Sampaio *et al.* 2010). Um dos maiores objetivos dos estudos foi o de entender a tensão entre as savanas e as florestas e o que mantém esse limite. Isto tem consequências importantes para as opções de manejo das pessoas locais (Albernaz 2004). Nós estudamos vários táxons, incluindo ácaros do solo (Franklin *et al.* 2005, Santos *et al.* 2007,

tension between the savannas and the forests, and what maintains the boundaries. This has important consequences for the management options of the local people (Albernaz 2004). We have studied various taxa, including soil mites (Franklin *et al.* 2005, Santos *et al.* 2007, Moraes *et al.* 2011), ants (Vasconcelos *et al.* 2006, Vasconcelos *et al.* 2008), dung beetles (Vulinec *et al.* 2008, Louzada *et al.* 2010), birds (Sanaiotti and Cintra 2001, Cintra and Sanaiotti 2005), lizards (Magnusson *et al.* 2001, Faria *et al.* 2004, Carvalho *et al.* 2008, Louzada *et al.* 2010), frogs (Oliveira *et al.* 2000), rodents (Layme *et al.* 2004, Ghizoni *et al.* 2005, Magnusson *et al.* 2010), bats (Bernard *et al.* 2001), large mammals (Sampaio *et al.*



- *Coletando plantas em Alter do Chão, Pará. A região está no limite mínimo de chuvas para a manutenção da floresta tropical e possui um mosaico de savanas e fragmentos de florestas que podem ser de origem antropogênica, mas têm existido na região por séculos.*
- *Collecting plants in Alter do Chão, State of Pará (Brazil). The region is at the threshold of rainfall for the maintenance of rainforest and has a mosaic of savanna and forest fragments. The savannas may be of human origin, but have existed in the region for hundreds of years.*

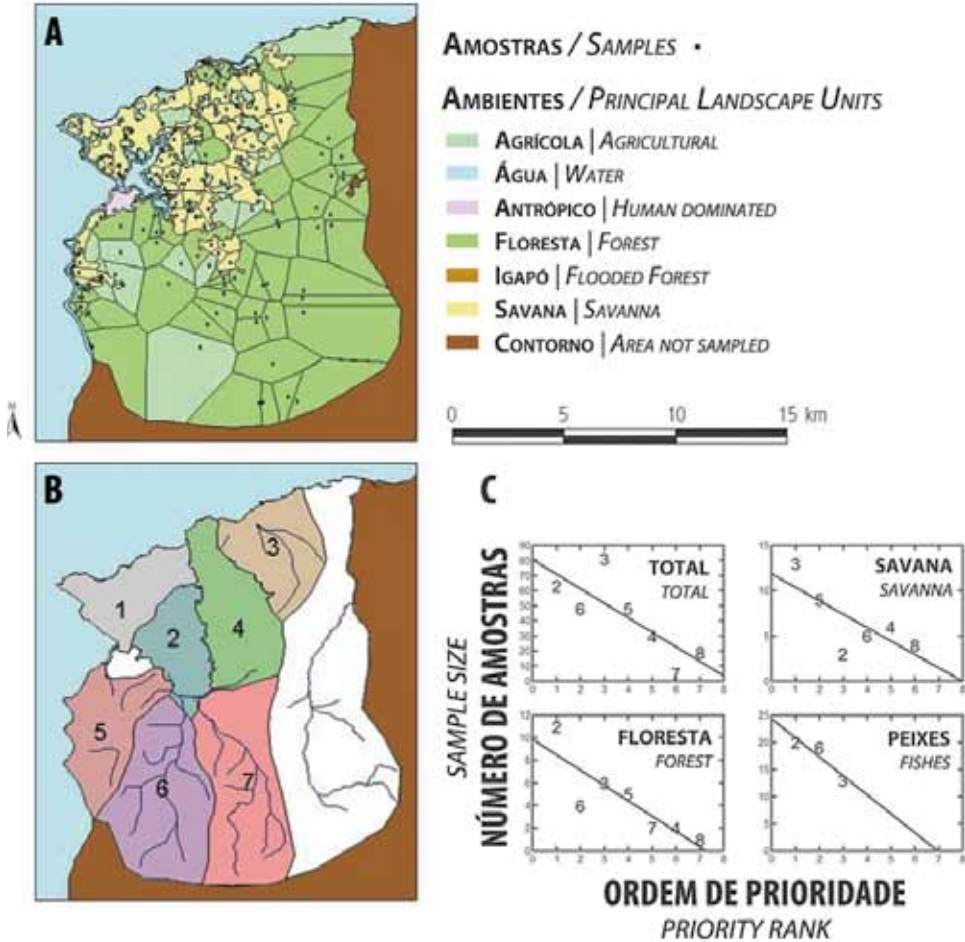
Moraes *et al.* 2011), formigas (Vasconcelos *et al.* 2006, Vasconcelos *et al.* 2008), besouros rola-bosta (Vulinec *et al.* 2008, Louzada *et al.* 2010), aves (Sanaiotti & Cintra 2001, Cintra & Sanaiotti 2005), lagartos (Magnusson *et al.* 2001, Faria *et al.* 2004, Carvalho *et al.* 2008, Louzada *et al.* 2010), sapos (Oliveira *et al.* 2000), ratos (Layme *et al.* 2004, Ghizoni *et al.* 2005, Magnusson *et al.* 2010), morcegos (Bernard *et al.* 2001), grandes mamíferos (Sampaio *et al.* 2010) e plantas (Sanaiotti & Magnusson 1995, Magnusson *et al.* 2008b). Estudamos também processos ecossistêmicos, como a acumulação de carbono no solo (Magnusson *et al.* 2002) e nos organismos (Magnusson *et al.* 1999a, 2001), e a relação entre mudanças climáticas, o fogo e a dinâmica das populações animais através da paisagem (Magnusson *et al.* 2010).

As até então novas técnicas para seleção de reservas utilizando complementaridade (por exemplo, Margules & Pressey 2000) nos levaram a avaliar aqueles métodos utilizando os dados de Alter do Chão, e Ana Albernaz utilizou os dados para a sua tese de doutorado (Albernaz 2001). As técnicas evoluíram um tanto e Ana tem desde então coordenado programas nacionais para identificar áreas prioritárias para pesquisa em biodiversidade utilizando critérios explícitos (http://www.mma.gov.br/estruturas/conabio/_arquivos/Delib_039.pdf). Entretanto, **alguns dos resultados iniciais vindos dos estudos de Alter do Chão foram os mais importantes para redirecionar nossa pesquisa e iremos revisá-los brevemente aqui.**

2010), and plants (Sanaiotti and Magnusson 1995, Magnusson *et al.* 2008b). We have also studied ecosystem processes, such as how carbon accumulates in the soil (Magnusson *et al.* 2002), and in organisms (Magnusson *et al.* 1999a, 2001), and relationships between climate change, fire and animal population dynamics across the landscape (Magnusson *et al.* 2010).

The then new techniques for reserve selection using complementarity (e.g. Margules and Pressey 2000) led us to evaluate those methods using data from Alter do Chão, and Ana Albernaz used the data for her doctoral thesis (Albernaz 2001). The techniques have evolved somewhat, and Ana has since coordinated national programs to identify priority areas for biodiversity research using explicit criteria (http://www.mma.gov.br/estruturas/conabio/_arquivos/Delib_039.pdf). However, **some of the initial results from Alter do Chão were the most important for redirecting our research**, and we will briefly review them here.

Our intensive studies had led to an uncommonly dense swarm of sampling points for the Alter-do-Chão region. The polygons on the following figure show the area, by proximity, was initially considered to represent each point. Other designs would be possible, but the proximity polygons illustrate that the areas are small and somewhat arbitrary. We initially considered zoning the area based on the individual sampling points, a strategy that seems to underlie the objectives of many biologists when they undertake biological surveys in a management context. However, when we undertook preliminar analysis, we realized that the polygons were sampling units, and not management units. Today



● Planejamento do uso da terra em Alter do Chão, Pará. Pontos e polígonos de amostragem (A), potenciais unidades de manejo (B) e relação entre o número de amostras e prioridade relativa para conservação (C). A ordem de prioridade para a conservação dada a cada potencial área de manejo depende potencialmente do número de amostras que foram coletadas lá e conseqüentemente reflete o comportamento dos pesquisadores.

● Landuse Planning at Alter do Chão, State of Pará. Sampling points and polygons (A), potential management units (B) and relationship between number of samples and relative priority for conservation (C). The relative priority given to each potential management unit for conservation depends strongly on the number of samples taken in it and therefore reflects the researcher's behavior.

O nosso estudo intensivo levou a um denso enxame de pontos amostrais para a região de Alter do Chão, uma situação incomum. Os polígonos na figura acima mostram a área que, por proximidade, foi inicialmente considerada representativa de cada ponto. Outros desenhos pode-

it may be possible to combine them into management units using computer-intensive tools, such as Marxan with Zones (Watts *et al.* 2009), but grouping units based on mathematic rules, instead of using functional criteria, even today probably would not be the best option. As a reasonable alternative,

riam ser possíveis, mas os polígonos de proximidade ilustram que as áreas são pequenas e um tanto arbitrárias. Inicialmente consideramos fazer um zoneamento da área baseado nos pontos de amostragem individuais, uma estratégia que parece embasar os objetivos de muitos biólogos quando tentam realizar um levantamento biológico no contexto do manejo. Entretanto, ao proceder as análises iniciais, percebemos que os polígonos eram unidades amostrais e não unidades de manejo. Hoje seria possível combiná-los em unidades de manejo utilizando ferramentas de computação intensiva, tal como 'Marxan with zones' (Watts *et al.* 2009), mas agrupar unidades com base em regras matemáticas, ao invés de utilizar critérios funcionais, provavelmente ainda hoje não seria a melhor alternativa. Como uma alternativa razoável, geramos unidades de manejo potenciais para a área, utilizando critérios como contiguidade, limites das bacias hidrográficas, propriedades da terra e homogeneidade interna.

Utilizando a complementaridade (instituíbilidade) como critério no programa CPLAN (<http://www.edg.org.au/free-tools/cplan.html>), foram ordenadas por prioridade as unidades de manejo potenciais para entrar no sistema de reservas. **A prioridade para entrar no sistema de reservas estava linearmente relacionada com o número de unidades amostrais que caíram dentro daquela unidade** considerando todos os táxons combinados (TOTAL), as espécies de floresta (FLORESTA), as espécies de savana (SAVANA) e até mesmo os dados esparsos

we generated potential management units for the area, using standard criteria, such as contiguity, respecting hydrographic basins, land ownership, and internal homogeneity.

Using complementarity (irreplaceability) as the criterion in the program CPLAN (<http://www.edg.org.au/free-tools/cplan.html>), we ordered the potential management units for priority to enter the reserve system. Units with higher priority are to the left of each graph, and sites with more sampling units are higher up each graph. **The priority to enter the reserve system was closely linearly related to the number of sampling units that fell within that unit** for all taxa combined (TOTAL), species from forests (FLORESTA), species from savannas (SAVANA), and even for the sparse data on fish (PEIXES). That is, the application of objective techniques to the selection of reserves, based on direct field survey data, will only reflect the behavior of the researchers (i.e. where they sampled most). This was not what we expected and led to introspection about the usefulness of our biological surveys.

Gaston and Rodrigues (2002) thought that reserve selection can be done effectively with poor biological data, but, with hindsight, the biased result is expected. The concept of irreplaceability was developed for regions for which we have almost complete knowledge of the distribution of target taxa. If a species has not been recorded, we can assume that it does not occur there. However, that is not the case for most taxa, and most regions of the world, especially megadiverse regions, such as the Amazon Basin. This is a classical case of false absences creating false patterns, and leading to erroneous conclusions about the biology of the system (Moerman and

sobre peixes (PEIXES). Isto significa que a aplicação de técnicas objetivas para a seleção de reservas, baseada em dados de levantamentos diretos de campo, refletirá apenas o comportamento dos pesquisadores (onde amostraram mais). Isto não era o que esperávamos e nos levou à introspecção sobre a utilidade de nossos levantamentos biológicos.

Gaston e Rodrigues (2002) pensaram que a seleção de reservas poderia ser feita efetivamente com dados fracos sobre a biodiversidade, mas em retrospectiva um resultado enviesado é esperado. O conceito de insubstituibilidade foi desenvolvido para regiões para as quais nós temos conhecimento quase completo da distribuição dos táxons-alvo. Se uma espécie não foi registrada, podemos assumir que ela não ocorre lá. No entanto, esse não é o caso para a maioria dos táxons e a maioria das regiões do mundo, especialmente regiões megadiversas, como a Bacia Amazônica. Este é um caso clássico de ausências falsas criando padrões falsos e levando a conclusões erradas sobre a biologia do sistema (Mormann & Easterbrook 2006, Geissler & Fuller 1987, MacKenzie *et al.* 2002, Beck & Schwanghart 2010). Para questões de larga escala, com fortes gradientes ambientais e um número limitado de táxons, nós podemos modelar usando somente dados de presença (por exemplo, Warren & Seifert 2011, mas veja Miller *et al.* 2011). No entanto, para avaliar a importância das diferentes unidades de conservação em potencial (ou áreas a serem convertidas em desertos de origem antrópica), especialmente se elas variam muito em tamanho, **precisamos de informa-**

Easterbrook 2006, Geissler and Fuller 1987, MacKenzie *et al.* 2002, Beck and Schwanghart 2010). For very large-scale questions, with strong environmental gradients and a limited number of taxa, we may be able to model using presence-only data (e.g. Warren and Seifert 2011, but see Miller *et al.* 2011). However, to evaluate the importance of different potential conservation units (or areas to be converted to anthropogenic deserts), especially if they vary greatly in size, **we need information on complementarity from sampling units that are spatially standardized at some scales.** As pointed out in the pioneering paper of Yoccoz *et al.* (2001), effective evaluation of monitoring data can only be done if we take into account spatial variability and detectability, and this even applies to plants (Moore *et al.* 2011).

Our sampling strategy at Alter do Chão was strongly stratified. Sampling units were either in savanna or forest, and it did



- Casal de *Parauacus*, *Pithecia pithecia*. Muitas espécies de primatas precisam de grande esforço amostral para calcular a densidade.
- Pair of Guaianan Saki Monkeys, *Pithecia pithecia*. Many species of primates require great sample effort to calculate their density.

ções sobre a complementaridade de unidades de amostragem que são espacialmente padronizadas em algumas escalas. Conforme é apontado no artigo pioneiro de Yoccoz *et al.* (2001), a avaliação efetiva dos dados de monitoramento somente pode ser realizada se levarmos em conta a variabilidade espacial e a detectabilidade, e isto se aplica até mesmo às plantas (Moore *et al.* 2011).

Nossa estratégia de amostragem em Alter do Chão foi fortemente estratificada. Unidades amostrais foram alocadas na savana ou na floresta, e não pareceu fazer muito sentido ter transectos que cruzassem as fronteiras entre esses dois sistemas. Nós intuitivamente previmos efeitos de borda e sempre colocamos os transectos na floresta começando no limite floresta-savana. Nós também tentamos manter os transectos na savana a pelo menos 50 m das bordas para evitar áreas intermediárias. A maioria das pessoas parece considerar tais decisões razoáveis e nunca tivemos um revisor de manuscrito que questionasse nossos procedimentos. Porém, quando realizamos análises específicas percebemos que tínhamos amostrado poucas áreas intermediárias e os centros de manchas florestais estavam sub-representados. **Podemos sempre justificar que os resultados não foram fortemente afetados por nossa estratificação, mas se você tiver que continuamente justificar algo para si mesmo e para os outros, você começa a questionar a sua validade.** Começamos a questionar a estratificação.

not appear to make much sense to have transects crossing the boundaries. We intuitively predicted edge effects, and we always placed transects in forest to start at the forest-savanna boundary. We also tried to keep transects in savanna at least 50 m from boundaries to avoid intermediate areas. Most people seem to consider such decisions reasonable, and we have never had a manuscript reviewer question our procedures. However, when we undertook specific analyses, we noted that we had few intermediate areas, and the centers of forest patches were under represented. **We could always justify that the results were not strongly affected by our stratification, but if you have to continually justify something to yourself and others, you start to question its validity.** We started to question stratification.

Because we had always unconsciously stratified, RAPELD became something of a terror to us. It has minimal stratification, and every time we used it in areas that we thought we knew well, it knocked over our most cherished and long-held assumptions, which had been based on unnoticed or “obvious” stratification. An extreme example of this is the study of Vale (2011a), who studied campinarana vegetation in the Viruá National Park RAPELD grid. He (and we!) “knew” from studies around major rivers that the diversity and composition of this type of vegetation is determined by maximum flood levels, and it was natural to use stratification and study only the inundated areas. When his study showed that alpha diversity increased with level of inundation, and that the species composition was more closely related to soil characteristics than flooding, it was too late to obtain the

Como nós sempre estratificamos inconscientemente, o RAPELD tornou-se assustador para nós. Ele tem o mínimo de estratificação e cada vez que o utilizamos em áreas que nós achávamos que conhecíamos bem, ele derrubou os nossos pressupostos mais queridos e de longa data, que eram baseados em estratificação “óbvia” ou despercebida. Um exemplo extremo é o trabalho de Vale (2011a), que estudou a vegetação de campinarana na grade RAPELD do Parque Nacional do Viruá. Ele (e nós!) “sabíamos” com base em estudos nos

samples from outside the flood stratum that would have greatly aided interpretation of the results. Once again, the organisms did not recognize our subjective categories.

Similar soul searching was starting to appear in landscape ecology (Gardner 2010). Although many people studied fragments, few studied fragmentation (Fahrig 2003, Harrison and Bruna 1999). Many species recognized the same boundaries as we did, but many species freely crossed from grasslands to forests, and some seemed to be restricted to the ecotones. The scale of the analysis also dogged us, as it has others (e.g. Bongers



● *Estudos nos ambientes alagados no Parque Nacional do Viruá (RR) revelaram que uma enorme diversidade de peixes usa a floresta em locais inundados apenas por chuvas e longe de grandes rios e que a composição de espécies de árvores foi mais estreitamente relacionada com características do solo do que com inundações, derrubando nossos pressupostos baseados em estratificações “óbvias”.*

● *The flooded forests of Viruá National Park, State of Roraima, revealed an enormous diversity of fish that use the forest at high water far from major rivers and that trees composition was more closely related to soil characteristics than flooding, knocking over our assumptions based on “obvious” stratification.*

principais rios que a diversidade e a composição deste tipo de vegetação é determinada pelo nível máximo de inundação e foi natural utilizar a estratificação e estudar apenas as áreas inundadas. Quando seu estudo mostrou que o número de espécies em unidades amostrais aumentou com o nível de inundação e que a composição de espécies foi mais estreitamente relacionada com as características do solo do que com as inundações, já era tarde demais para obter amostras de fora do estrato de inundação, o que teria auxiliado muito a interpretação dos resultados. Mais uma vez, os organismos não reconheceram as nossas categorias subjetivas.

Questionamentos similares começavam a aparecer na ecologia de paisagem (Gardner 2010). Embora muitas pessoas tenham estudado fragmentos, poucas estudaram fragmentação (Fahrig 2003, Harrison & Bruna 1999). Muitas espécies reconheceram os mesmos limites que nós, mas muitas outras cruzavam livremente os campos em direção às florestas, e algumas pareceram restritas aos ecótonos. A escala da análise também nos perseguiu, assim como aconteceu a outros pesquisadores (por exemplo, Bongers 2001). Capins ocorrem em savanas e árvores em florestas, mas uma mancha de seis árvores circundadas por arbustos é um elemento da savana ou uma pequena mancha de floresta? Quando nós observamos de perto, a savana estava povoada com pequenas manchas de floresta. Utilizando pixels maiores, nós tínhamos grandes manchas tanto de florestas quanto de savanas. Utilizando escalas muito grosseiras, a área

2001). Grasses occur in savannas, and trees in forests, but is a patch of six trees surrounded by bushes a savanna element or a small patch of forest? When we looked closely, the savanna was spotted with tiny patches of forest. Using larger pixels, we had large patches of both forest and savanna. Using very coarse scales, the whole area became either forest or savanna. A seemingly obvious categorization, that any sensible person would make, forced us to make a complex series of assumptions further along in the analyses, and we had to admit that, although our sampling intensity was very high in relation to other studies we were aware of, we had not obtained a representative sample of that landscape. There can be valid reasons to stratify, especially if you are only interested



- *Borboletas são importantes polinizadores de muitas plantas, mas a capacidade de persistirem em paisagens fragmentadas ainda é pouco compreendida.*
- *Butterflies are important pollinators of many plants, but the ability to persist in fragmented landscapes is still poorly understood.*

como um todo se tornava ora savana, ora floresta. Uma categorização aparentemente óbvia, que qualquer pessoa sensível faria, nos forçou a fazer uma complexa série de premissas durante as análises. Tivemos que admitir que, embora nossa intensidade de amostragem tenha sido muito alta em relação a outros estudos conhecidos, nós não obtivemos uma amostra representativa daquela paisagem. Pode haver razões válidas para estratificar, especialmente se você está interessado em um número limitado de variáveis resposta (Snedecor & Cochran 1973). Entretanto, isto pode enviesar fortemente os resultados para variáveis para as quais não há muita informação *a priori* (ou seja, a maioria das variáveis de biodiversidade que interessam). **Nós decidimos que, antes de ser a opção inicial ‘fácil’, a estratificação deveria ser adicionada depois, e somente quando necessário.**

A nossa unidade amostral básica em Alter do Chão foi um grupo de quatro transectos retos de 250 m de comprimento, separados 50 m um do outro (Magnusson *et al.* 2001). Esse sistema foi efetivo em responder muitas questões para aquela região, mas tem sérias deficiências para alguns grupos taxonômicos; os aproximadamente quatro hectares por unidade amostral foram grande demais para capturar algumas variáveis preditoras importantes, tais como as características do solo e a profundidade do lençol freático. O investimento no delineamento em Alter do Chão foi considerável. Nós tínhamos 40 unidades amostrais de aproximadamente 4 ha nas savanas e 26 unidades



- Armadilhas Sherman usadas para capturar pequenos mamíferos estudados em Alter do Chão.
- Sherman traps used to capture small mammals studied in Alter do Chão.

in a very limited range of response variables (Snedecor and Cochran 1973). However, it can strongly bias results for variables for which you do not have a lot of *a priori* information (i.e. most interesting biodiversity variables). **We decided that, rather than being the ‘easy’ first option, stratification should be tacked on later, and only when necessary.**

Our basic sampling unit at Alter do Chão was an array of four 250-m long straight parallel transects, 50 m apart (Magnusson *et al.* 2001). That system was effective to answer many of our questions for that region, but it had serious deficiencies for some taxonomic groups, and the approximately four hectares per unit was too large to capture

em florestas, e tínhamos acesso fácil a todas elas por barco ou estrada. No entanto, quando consideramos outros habitats, especialmente florestas tropicais contínuas, o acesso foi muito mais difícil; decidimos que a infraestrutura para o levantamento também teria que facilitar o acesso. Se tivéssemos como investir em infraestrutura, deveríamos investir em uma que tornasse o sistema disponível para a mais ampla gama de pesquisadores. Aigner e Koehler (2010) indicaram que “um local pode ter as condições ideais para a abordagem de uma questão biológica particular, mas sem infraestrutura ele pode ter um valor limitado para a pesquisa”. Depois de descobrir um sistema que funciona bem para uma ampla gama de questões em um habitat particular e gera muitas publicações, fizemos o que quase ninguém faz: nós começamos de novo! [ver Buckland *et al.* (2005) para outros exemplos de grandes mudanças em um programa de monitoramento para corrigir erros anteriores].

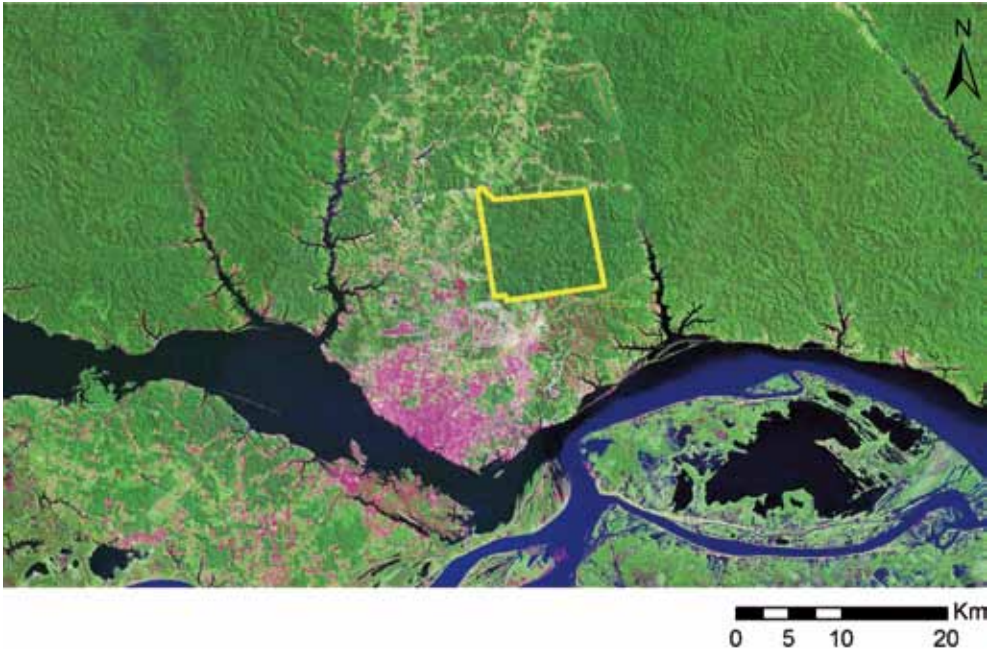
Ecologia de Paisagem e a Reserva Ducke

A Reserva Ducke é a mancha de floresta tropical mais intensamente estudada na América do Sul (Pitman 2011a), e apenas alguns sítios no mundo, como a Ilha de Barro Colorado no Panamá e La Selva na Costa Rica, têm sido mais intensamente estudados. Ela tem 100 km² e fica na periferia de Manaus, a maior cidade da Amazônia (Oliveira *et al.* 2008). No entanto, a maioria das pesquisas esteve concentrada no noroeste da reserva,

some important predictor variables, such as soil characteristics and depth to the water table. The investment in the design at Alter do Chão was considerable. We had forty ± 4 -ha sampling units in savannas, and twenty six ± 4 -ha sampling units in forests, and had easy access to all by boat or road. However, when we considered other habitats, especially continuous tropical forest, access was much more difficult, and we decided that the survey infrastructure also had to facilitate access. If we were to invest in infrastructure, we should invest in infrastructure that would make the system available to the widest range of researchers. Aigner and Koehler (2010) pointed out that “A site may have the ideal biological conditions for addressing a particular question, but without infrastructure it may have limited value for research.” We then did what almost nobody ever does after discovering a system that works well for a wide range of questions in a particular habitat and generates lots of publications - we started again! [see Buckland *et al.* (2005) for other examples of a major shift in a monitoring program to correct previous errors].

Landscape Ecology and Reserva Ducke

Reserva Ducke is the most intensively studied patch of tropical forest in South America (Pitman 2011a), and only a few sites, such as Barro Colorado Island in Panama and La Selva in Costa Rica, have been more intensively studied anywhere in the world. It is 100 km², and lies on the outskirts of Manaus, the Amazon’s largest city (Oliveira *et al.* 2008). However, most of the research had been concentrated in the north-west of the reserve, close to the accommodation buildings.



- Localização da Reserva Ducke (linha amarela) na periferia de Manaus, Amazonas. A proximidade ao centro urbano e a infraestrutura disponível favoreceram a realização de centenas de estudos sobre a biodiversidade.
- Location of Reserva Ducke (yellow line) on the outskirts of Manaus, State of Amazonas. The proximity to the city and available infrastructure stimulated hundreds of studies of biodiversity.

próximo aos alojamentos, durante a maior parte do tempo. A maioria dos pesquisadores não tinha considerado isso problemático, porque a reserva parecia homogênea em imagens de sensoria-mento remoto, uma suposição que, mais tarde, se mostrou muito errada (Oliveira *et al.* 2008, Costa & Magnusson 2010).

Resistindo à nossa tendência natural de supor que o nosso local de estudo era especial e precisava de um delinea-mento idiossincrático próprio, decidimos estudá-lo usando princípios estatísticos, como os encontrados em livros básicos de estatística (por exemplo, Magnusson & Mourão 2004). Nós também decidimos usar métodos padrão, como transectos de linha e parcelas fixas, sempre que

Most researchers had not considered that problematical, because the reserve appeared homogeneous on remote-sensing images, an assumption that we would later show to be very wrong (Oliveira *et al.* 2008, Costa and Magnusson 2010).

Resisting our natural tendency to assume that our study site was special, and needed its own idiosyncratic design, we decided to study it using statistical principles, as found in basic statistics books (e.g. Magnusson and Mourão 2004). We also decided to use standard methods, such as line transects and fixed plots, wherever possible to maintain comparability with other studies undertaken at similar spatial scales. **Because it was small, and with easy access, we could sample Reserva Ducke**

possível, para manter a comparabilidade com outros estudos realizados em escalas espaciais semelhantes. **Por ser pequena e com fácil acesso, podíamos amostrar a Reserva Ducke muito mais intensivamente do que seria possível em outros locais e testar os nossos métodos.** Precisamos mudar muito pouco o delineamento usado na Ducke para torná-lo adequado para outros locais e ecossistemas. Dessa forma, vamos começar com a lógica original e explicar o delineamento padrão usado hoje apenas nos aspectos em que ele difere do delineamento original.

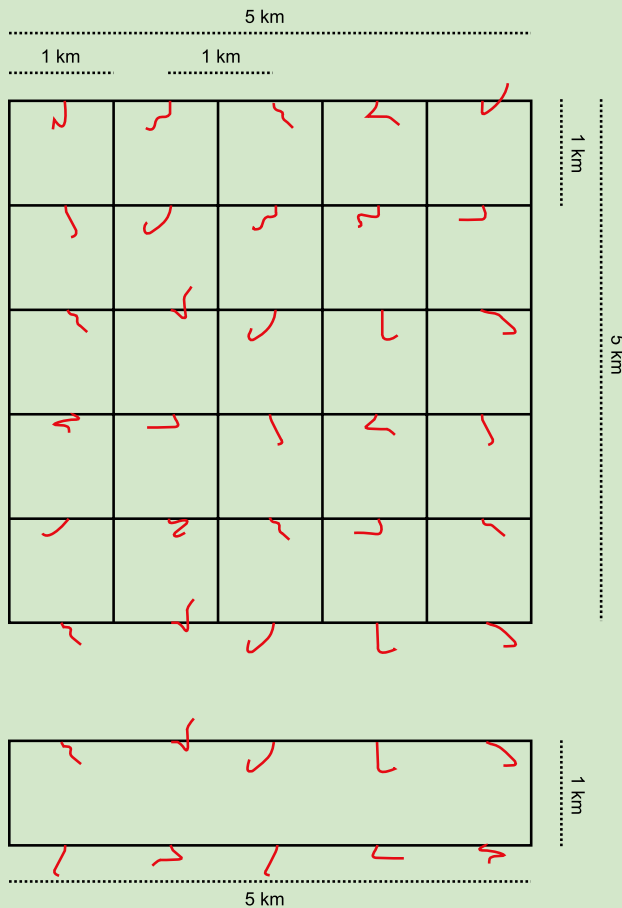
A Reserva Ducke é parte do Sítio #1 da rede brasileira de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD). A sigla em inglês para PELD é LTER (Long-Term Ecological Research). Pesquisas de longa duração sobre as comunidades e organismos individuais muitas vezes podem ser proveitosamente concentradas em uma área limitada (Likens 1983, Billick & Price 2010a, Clutton-Brock & Sheldon 2010, Laurance *et al.* 2011, Lindenmayer *et al.* 2011). Entretanto, a pesquisa sobre a biodiversidade é frequentemente realizada por curtos períodos em locais para os quais não há garantia de que vão entrar na rede PELD. Tais estudos de avaliação rápida (RAP) se tornaram famosos por meio da Conservação Internacional (CI), sendo que pelo menos 50 estudos RAP foram realizados (<https://rap.conservation.org/rap/>). **Queríamos um sistema genérico que pudesse gerar dados comparáveis a partir de estudos de curta e longa duração – daí**

much more intensively than would be possible at other sites, and test our methods. We have had to change the Ducke design very little to make it appropriate to other locations and ecosystems, so we will begin with the original logic, and explain the standard design used today only as it varies from the original design.

Reserva Ducke is Site #1 of the Brazilian Long-term Ecological Research (LTER) network. The Brazilian acronym for LTER is PELD (Projeto Ecológico de Longa Duração). Long-term research on communities and individual organisms can often profitably be concentrated in a limited area (Likens 1983, Billick and Price 2010a, Clutton-Brock and Sheldon 2010, Laurance *et al.* 2011, Lindenmayer *et al.* 2011). However, biodiversity research is often conducted for short periods in sites for which there is no guarantee that they will enter into the LTER network. Such rapid assessment (RAP) studies have been made famous by Conservation International (CI), and at least 50 RAP studies have been undertaken by CI (<https://rap.conservation.org/rap/>). **We wanted a generic system that would generate comparable data from short and long-term studies – hence the name RAPELD.** The intensity of study possible in a site with easy access is obviously much greater than in remote locations (Clark *et al.* 2011), and larger sampling units can be used. However, if the size and arrangement of the sampling units are not fixed, we cannot compare across studies. We therefore wanted a modular system, which would allow comparisons between modules even when one site had been sampled more extensively than another.

o nome RAPELD. A intensidade de estudo possível em um local com fácil acesso é, obviamente, muito maior do que em locais remotos (Clark *et al.* 2011) e unidades amostrais maiores podem ser utilizadas. No entanto, se o tamanho e a disposição das unidades amostrais não são fixos, os estudos não são comparáveis. Por isso, queríamos um sistema modular, que permitisse comparações entre os módulos, mesmo quando um local fosse mais intensivamente amostrado do que outro.

Reserva Ducke is on the outskirts of a large city, and we did not want many tracks leading into the centre of the reserve from the periphery. Therefore, we defined a 1-km wide buffer around the edge of the reserve and decided to implement the system only in the 64 km² central area (Oliveira *et al.* 2008). However, this size has not proved to be logistically viable for most intensively-studied LTER sites, even those near major population centers. In most intensively-studied sites, a 25 km² (5 km x 5 km) area is more appropriate, and we refer to this as our “standard grid.”



Grades e módulos RAPELD

A grade de 5 km x 5 km (25 km²) e os módulos de 5 km x 1 km (5 km²) são as configurações mais usadas do sistema RAPELD. Eles favorecem o acesso a áreas remotas e permitem a realização de estudos nas trilhas, parcelas terrestres, ripárias e aquáticas (as parcelas terrestres estão indicadas em vermelho). A grade padrão é melhor para estudos locais mais intensivos e arranjos de módulos padrão são mais eficientes em áreas remotas.

RAPELD grids and modules

The 5 km x 5 km (25 km²) grid and the 5 km x 1 km (5 km²) module are the most common configurations in the RAPELD system. They favour access to remote areas and allow studies in trails and in terrestrial, riparian and aquatic plots (terrestrial plots are indicated in red). The standard grid is better for more intensive local studies and arrays of standard modules are more efficient in remote areas.

A Reserva Ducke está na periferia de uma grande cidade e nós não queríamos muitas trilhas da periferia até o centro da reserva. Por isso, definimos uma zona de amortecimento de 1 km de largura em torno da borda da reserva e decidimos implementar o sistema somente na área central de 64 km² (Oliveira *et al.* 2008). No entanto, esse tamanho não provou ser logisticamente viável para a maioria dos sítios PELD intensivamente estudados, nem mesmo para aqueles próximos a grandes centros populacionais. Na maioria dos sítios intensamente estudados, uma área de 25 km² (5 km x 5 km) é mais apropriada e nós nos referimos a isso como nossa “grade padrão”. Para levantamentos mais amplos, uma série de módulos é mais eficiente. O módulo mais frequentemente utilizado, que chamamos de “módulo padrão”, abrange 5 km x 1 km (5 km²). No entanto, módulos muito menores têm-se revelado úteis em algumas situações e ainda mantiveram comparabilidade razoável para algumas questões.

Transectos de linha

Transectos de linha são uma forma de parcela de largura variável em que não se presume que todos os organismos sejam avistados, a menos que eles ocorram diretamente na linha central do transecto (Buckland *et al.* 2001, 2004, 2010). Eles geralmente são usados para amostrar organismos altamente móveis ou amplamente espalhados que não podem ser enumerados pela contagem completa em pequenas parcelas. Eles são mais frequenter-

For more widespread surveys, we have found an array of modules to be more efficient. The most frequently used module, which we call the “standard module”, covers 5 km x 1 km (5 km²). However, much smaller modules have proved useful in some situations, and still maintained reasonable comparability for some questions.

Line transects

Line transects are a form of variable-width plot, in which it is not assumed that all



- *Angelim-pedra, Dinizia excelsa, na Reserva Ducke. Transectos de linha usados para levantamentos de mamíferos e aves de médio e grande porte também podem ser usados para estudar árvores de grande porte.*
- *Angelim-pedra, Dinizia excelsa, in Reserva Ducke. Line transects used for surveys of medium and large sized mammals and birds can also be used to study big trees.*

te utilizados para levantamentos de mamíferos de médio e grande porte, além de aves de grande porte (para os quais os pressupostos do método normalmente não se aplicam), mas eles podem ser utilizados efetivamente para organismos sedentários, tais como árvores florestais de grande porte (para os quais os pressupostos normalmente se aplicam).

Transectos de linha para grandes mamíferos na região Neotropical são geralmente de 4 a 6 km em comprimento (por exemplo, Haugaasen & Peres 2005, Mendes Pontes *et al.* 2006, Munari *et al.* 2011). Transectos de linha precisam ser em linha reta ou eles não irão registrar organismos na proporção em que ocorrem na paisagem, embora às vezes os pesquisadores violem essa premissa e utilizem estradas ou trilhas de caçadores (Buckland *et al.* 2010). Portanto, transectos em linha reta de 8 km pareciam razoáveis para a Reserva Ducke, mas optamos por transectos de 5 km em grades e módulos de tamanho padrão. Uma linha de 5 km é bastante pequena para os padrões amazônicos e nem sequer seria visível em um mapa de tamanho razoável da bacia. No entanto, um píxel de 5 km é razoável para mapas nas escalas em que os gestores municipais e estaduais tomam decisões e é adequado para capturar informações de áreas cobertas pela maioria dos métodos de sensoriamento remoto. Levantamentos em trilhas mais longas já não seriam possíveis em um único dia, pois a maioria dos pesquisadores evita realizar levantamentos durante os horários mais quentes do dia.

organisms are seen, unless they occur directly on the center line of the transect (Buckland *et al.* 2001, 2004, 2010). They are generally used for highly mobile or widely scattered organisms that cannot be enumerated by complete counts in small plots. They are most frequently used for surveys of medium and large mammals, and large birds (for which the assumptions of the method usually do not apply), but they can be used effectively for sedentary organisms, such as large forest trees (for which the assumptions usually do apply).

Line transects for large mammals in the Neotropical region are generally 4 – 6 km in length (e.g. Haugaasen and Peres 2005, Mendes Pontes *et al.* 2006, Munari *et al.* 2011). Line transects have to be straight, or they will not record organisms in proportion to their occurrence in the landscape, though researchers sometimes violate that assumption and use roads or hunter's trails (Buckland *et al.* 2010). Straight-line transects of 8 km therefore seemed reasonable for Reserva Ducke, but we opted for transects of 5 km in standard grids and modules. A 5-km line is rather small by Amazonian standards, and would not even be visible on a reasonably sized map of the basin. However, a 5 km pixel is reasonable for maps at the scales at which municipal and State managers make decisions, and it is appropriate to capture information from areas covered by most remote-sensing methods. Surveys of longer trails would not be possible within a single day, because most researchers avoid surveying during the middle of the day.

Based on the preceding considerations, **we decided to provide access to the area along straight-line trails**

Com base nas considerações anteriores, **decidimos fornecer acesso à área ao longo das trilhas em linha reta que poderiam ser usadas como transectos de linha em levantamentos por pesquisadores que estudam organismos amplamente espaçados.** Na Reserva Ducke, as trilhas foram espaçadas a 1 km de distância, 9 orientadas no sentido leste-oeste e 9 no sentido norte-sul (144 km de trilhas). Em grades padrão existem 6 trilhas em cada direção (60 km de trilhas). Módulos padrão têm duas trilhas de 5 km ligadas por 1 km de trilhas em suas extremidades (12 km de trilhas). É fácil aumentar a densidade de trilhas em nosso sistema. Por exemplo, Marcelo Gordo subdividiu mais intensivamente um de nossos quadrados de 1 km² para estudar o comportamento do Sauim-de-coleira (*Saguinus bicolor*), uma pequena espécie de primata (Gordo *et al.* 2008), e a Conservation International aumentou o número de trilhas em dois dos nossos quadrados de 1 km² para estudar vários organismos no Projeto TEAM. A Wildlife Conservation Society (WCS) prefere estudar onças em 36 km², e isto pode ser obtido pela adição de uma outra trilha modular, um quilômetro distante, em torno de nossa grade padrão. Dessa forma, nosso sistema oferece oportunidades para outros pesquisadores, mesmo quando eles querem se concentrar em escalas menores ou maiores.

A decisão de acessar a área ao longo das trilhas em linha reta se baseou na conveniência de usar as mesmas trilhas para os levantamentos em transectos

that could be used for line-transect surveys by researchers studying widely-spaced organisms. Trails in Reserva Ducke were spaced 1 km apart, 9 oriented east-west and 9 north-south (144 km of trails). In standard grids, there are 6 trails in each direction (60 km of trails). Standard modules have two 5-km trails linked by 1-km trails at their extremities (12 km of trails). It is easy to increase the density of trails within our system. For instance, Marcelo Gordo gridded one of our 1-km squares more intensively to study the behavior of Brazilian Bare-faced Tamarin (*Saguinus bicolor*), a small primate species (Gordo *et al.* 2008), and Conservation International increased the



- O Sauim-de-Manaus, *Saguinus bicolor*. Quando necessário, o esquema de amostragem do RAPELD pode ser intensificado. Uma grade mais fina foi instalada em 1 km² na Reserva Ducke para estudar o comportamento de *S. bicolor*, uma espécie de primata considerada criticamente em perigo.
- The Pied Bare-face Tamarin, *Saguinus bicolor*. When necessary, the RAPELD sampling scheme can be intensified. A finer grid was installed in 1 km² at Reserva Ducke to study the behavior of *S. bicolor*, a species of primate considered critically endangered.

de linha, que requerem que todos os habitats sejam amostrados na proporção em que ocorrem e

não apenas aqueles com acesso fácil. O comprimento das trilhas foi baseado no fato de que trilhas mais longas não eram logisticamente viáveis e porque pesquisadores já haviam compreendido que transectos com esse comprimento foram úteis para responder a uma ampla gama de questões em escalas que variam de reservas individuais até a Bacia Amazônica como um todo. Pixels de 5 km ou de 1 km também podem ser facilmente extrapolados para áreas maiores, usando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto (Capítulo 5). A decisão de se trabalhar com esta escala foi até certo ponto arbitrária, embora seja óbvio que trilhas de 2 km ou de 20 km não teriam sido apropriadas para as questões da maioria dos pesquisadores. Contudo, o custo de tentar 'otimizar' o comprimento das trilhas para todas as perguntas e todas as localizações geográficas seria astronômico. Talvez as nossas trilhas devessem ter sido de 4,83 km de comprimento para algumas questões, mas não vamos nos preocupar com isso porque nós nunca saberemos.

Todas as nossas medições foram baseadas em distâncias planimétricas. Ou seja, pontos distantes um quilômetro deveriam parecer um quilômetro distantes no mapa correspondente. Hoje é relativamente fácil obter localizações em um mapa usando equipamentos de GPS, mas não era assim há poucos anos atrás. A decisão de usar distâncias planimétricas não é trivial e voltaremos a este ponto quando discutirmos parcelas

number of trails in two of our 1-km squares to study various organisms in their TEAM project. On the other hand, the Wildlife Conservation Society (WCS) prefers to study jaguars in 36 km², but that can be directly obtained by adding another modular trail, one kilometer outside, around our standard grid. Hence, our system opens the area to other researchers, even when they want to focus on smaller or larger scales.

The decision to access the area along straight-line trails was based on the convenience of being able to use the same trails for line-transect surveys, which require that all habitats are sampled, and

not just the ones with easy access. The length of the trails was based on the fact that longer trails were not logistically feasible, and because researchers had previously found that transects of those lengths were useful for responding to a wide range of questions at scales ranging from individual reserves to the whole Amazon basin. Pixels of 5 km or 1 km can also readily be extrapolated to larger areas using GIS techniques and remote sensing (Chapter 5). The decision to work with this scale was to some extent arbitrary, though it is obvious that trails of 2 km or 20 km would not have been appropriate for the questions of most researchers. However, the cost of trying to 'optimize' trail length for all questions and all geographic locations would be astronomical. Maybe our trails should have been 4.83 km long for some questions, but we are not going to worry about it because we will never know.

All our measurements were based on map distances. That is, points one km apart would appear one km apart on the corresponding map. Today, it is relatively



- *Coleta de peixes em poças temporárias na Reserva Ducke. O acesso facilitado pelas trilhas permite o desenvolvimento de estudos sobre processos ecológicos pouco compreendidos.*
- *Collecting fish in temporary ponds in Reserva Ducke. The access provided by trails allows studies of poorly understood ecological processes.*

menores. Fitas de medição e medidores de passos não dariam as mesmas distâncias entre esses pontos. Para alguns organismos, a distância ao nível do solo pode ser mais relevante do que a distância no mapa. No entanto, os tomadores de decisão no sistema político estão mais interessados nas decisões que podem ser feitas com base em mapas. Por isso, faz sentido fornecer os dados dessa forma.

O tamanho das grades e dos módulos RAPELD é definido pelo comprimento das trilhas de acesso, embora em alguns sítios

easy to obtain map locations using GPS equipment, but that was not so a few years ago. The decision to use map distances is not trivial, and we will come back to this point when we discuss smaller plots. Measuring tapes and hip chains will not give the same distances between those points. For some organisms, ground distances may be more relevant than map distances. However, decision makers in the political system are mainly interested in decisions that can be made based on maps, so it makes sense to provide data in that form.

The size of RAPELD grids and modules is defined by the length

estas sejam virtuais e não fisicamente marcadas no solo.

Transectos em linha de 5 km provaram ser úteis para o levantamento de características do hábitat, tais como lagoas temporárias (Rodrigues *et al.* 2010), mamíferos de médio e grande porte (Mendes Pontes *et al.* 2008) e árvores de floresta que ocorrem em baixas densidades (Costa *et al.* 2008, Scabin *et al.* 2011). Além de proporcionar acesso, eles promovem encontros oportunistas que podem fornecer dados essenciais para outros estudos (por exemplo, Kinupp & Magnusson 2005, Calzado *et al.* 2008, Roques *et al.* 2011). Eles podem ser usados para colocar armadilhas de pegadas para grandes felinos e suas presas (Prado 2008). Em geral, dados de transectos de linha de 5 km são úteis somente quando a grade ou o módulo é a unidade amostral e os estudos de variação dentro do sítio são geralmente limitados a organismos ou processos que podem ser estudados em parcelas menores.

Uma das grandes vantagens das trilhas em linha reta foi que elas cortaram a paisagem sem evitar as áreas difíceis, como encostas íngremes, moitas de vegetação espinhosa e as áreas inundadas sazonalmente. Tanto as trilhas quanto suas parcelas associadas amostraram características em proporção à sua disponibilidade na paisagem. Rotineiramente, os pesquisadores dizem que devemos evitar tais áreas, mas isto faz da pesquisa uma ‘ecologia da facilidade’ e algumas das áreas mais importantes para a biodiversidade ficariam negligenciadas. O fato de que a metodologia RAPELD geralmente revela de 20 a 100%

of the access trails, although in some sites these are virtual and not physically marked on the ground.

Line transects of 5 km have proven useful to survey habitat features, such as temporary ponds (Rodrigues *et al.* 2010), medium and large mammals (Mendes Pontes *et al.* 2008), and forest trees that occur at low densities (Costa *et al.* 2008, Scabin *et al.* 2011). As well as providing access, they also promote opportunistic encounters that may provide essential data for other studies



- As trilhas do sistema RAPELD favorecem a amostragem de ambientes diferentes de forma comparativa, incluindo áreas não facilmente acessíveis, como encostas íngremes, moitas de vegetação espinhosa e áreas inundadas sazonalmente.
- The trails of the RAPELD system allow sampling of different environments comparably, including areas not easily accessible, such as steep slopes, thickets of thorny vegetation and seasonally flooded areas.

mais espécies para um dado esforço do que os 'inventários' convencionais é provavelmente em grande parte devido às trilhas de acesso em linha reta.

Estudos em Parcelas

A maioria dos estudos de biodiversidade é baseada principalmente em estudos em parcelas, ainda que o centro da parcela possa ser considerado apenas um ponto em levantamentos de transecto de ponto (por exemplo, Buckland

(e.g. Kinupp and Magnusson 2005, Calzado *et al.* 2008, Roques *et al.* 2011). They may be used to locate print traps for large cats and their prey (Prado 2008). In general, data from 5 km line transects are only useful when the grid or module is the sampling unit, and studies of within-site variation are generally limited to organisms or processes that can be studied in smaller plots.

One of the major advantages of the straight trails was that they cut across the landscape without avoiding the difficult areas, such as steep slopes, thickets of thorny vegetation and seasonally inundated areas. Both the trails and their associated plots sampled features in proportion to their availability in the landscape. Researchers routinely say that we should avoid such areas, but that makes it ecology of the easy, and some of the most important areas for biodiversity would be overlooked. The fact that RAPELD methodology generally reveals 20-100% more species than conventional 'inventories' for a given effort is probably largely due to the straight-line access trails.

Plot studies

Most biodiversity studies are based mainly on plot studies, though the centre of the plot may just be considered a point for point-transect surveys (e.g. Buckland 2006). As we have noted before, indices of biological diversity are strongly scale dependent, and the results differ depending on the size and shape of the plots we use (Condit *et al.* 1996, Buckland *et al.* 2005, Dengler *et al.* 2009, Scheiner *et al.* 2011). Whereas it had been relatively easy to define a common trail infrastructure useful to a large number of researchers, the variety of plot shapes and sizes successfully



- A bromélia *Tillandsia sp.* A maior parte das plantas epífitas são logisticamente complicadas de serem coletadas pelas limitações em alcançar o dossel da floresta.
- The bromeliad *Tillandsia sp.* Most epiphytic plants are logistically complicated to be collected because of the limitations of reaching the forest canopy.

2006). Como já notamos anteriormente, os índices de diversidade biológica são fortemente dependentes de escala e os resultados diferem dependendo do tamanho e forma das parcelas que nós usamos (Condit *et al.* 1996, Buckland *et al.* 2005, Dengler *et al.* 2009, Scheiner *et al.* 2011). Enquanto fora relativamente fácil definir uma infraestrutura de trilhas comuns úteis para um grande número de pesquisadores, a variedade de formas e tamanhos de parcelas utilizadas com sucesso por pesquisadores para estudos de longo prazo foi avassaladora, e nos concentramos em alguns dos estudos mais bem sucedidos para tentar filtrar as características das configurações de parcelas úteis. A maioria dos monitoramentos biológicos com parcelas havia sido fortemente orientada para responder a uma questão e específica para um táxon. Por isso, avaliamos as técnicas não somente em função de seu sucesso na geração de artigos em revistas de prestígio ou para satisfazer as necessidades de um tomador de decisão em particular, mas também **perguntamos se uma determinada configuração poderia gerar dados úteis para os pesquisadores que estudavam outros táxons e para outras partes interessadas**. Existem atualmente muitos projetos de monitoramento de biodiversidade, chamados coletivamente de EDENs (Craine *et al.* 2007), para serem descritos em um pequeno livro como este. Os projetos que descrevemos a seguir foram escolhidos para ilustrar conceitos críticos e incluí-los aqui não indica que somos particularmente críticos ou simpáticos

used by researchers for long-term studies was overwhelming, and we concentrated on a few of the most successful studies to try to filter the characteristics of useful plot configurations. Most biological monitoring using plots had been strongly question oriented and taxon specific. Therefore, we evaluated the techniques, not only for their success at generating papers in prestigious journals or for satisfying the needs of particular decision makers, but also **asked whether a particular configuration could generate data useful to researchers that studied other taxa, and to other interested parties**. There are now too many biodiversity monitoring projects, collectively called EDENs (Craine *et al.* 2007), to describe in a short book such as this. The projects we describe below were chosen to illustrate critical concepts, and including these does not indicate that we are particularly critical or supportive of them, or that other projects could not have been used instead.

Most manuals for monitoring (e.g. Heyer *et al.* 1994, Condit 1998, Eymann *et al.* 2010) have stressed technical methodology and avoided recipes for spatial standardization [Gardner 2010:243 provides a useful list of manuals]. This is understandable considering the wide range of questions and users that the manuals were designed to help. However, we considered spatial standardization too important to ignore. We had a smaller range of variables of interest (biodiversity) and had already fixed on the scales generally useful to land managers within the democratic political system (Chapter 2). While this does not define what should be done, it allowed us to discard some methods as not fulfilling our basic needs.

a eles ou que outros projetos não poderiam ter sido utilizados em seu lugar.

A maioria dos manuais de monitoramento (por exemplo, Heyer *et al.* 1994, Condit 1998, Eymann *et al.* 2010) salientou metodologia técnica e evitou receitas para a padronização espacial [Gardner 2010:243 fornece uma lista útil desses manuais]. Isso é compreensível quando se considera a ampla gama de questões e usuários que os manuais foram criados para auxiliar. No entanto, consideramos a padronização espacial importante demais para ser ignorada. Tínhamos um intervalo menor de variáveis de interesse (biodiversidade) e já fixamos as escalas geralmente úteis para os gestores de terra dentro do sistema político democrático (Capítulo 2). Embora isso não defina o que deve ser feito, nos permitiu descartar alguns métodos por não satisfazerem as nossas necessidades básicas.

Há um número crescente de programas voluntários de monitoramento, como o Censo de Pássaros no Natal (<http://birds.audubon.org/christmas-bird-count>), e se espera que estes aumentem com os avanços na comunicação através da rede mundial de computadores. Estes têm muitas vantagens para o governo em termos de custos, de envolvimento do público e de escala geográfica (Buckland *et al.* 2005), e nos sentimos no dever de defendê-los de algumas críticas (Magnusson *et al.* 2008a). Muitas vezes eles fornecem dados que são muito parecidos com levantamentos científicos a partir de registros históricos, o que pode ser extremamente valioso (por exemplo, Liu *et al.* 2011). Entretanto, eles se concentram em uma gama relativamente pequena de

There are a growing number of volunteer monitoring schemes, such as the Christmas Bird Count (<http://birds.audubon.org/christmas-bird-count>), and these can be expected to grow with advances in web communication. These have many advantages in terms of costs to government, public involvement, and geographic scale (Buckland *et al.* 2005), and we have felt called upon to defend them against some critics (Magnusson *et al.* 2008a). Very often they provide data that is similar to scientific



- Algumas espécies de aves noturnas, como a Mãe-da-lua, *Nyctibius griseus*, demandam a realização de amostragens durante a noite.
- Some species of nocturnal birds, such as the Common Potoo, *Nyctibius griseus*, require sampling during the night.

táxons, não são indicadores confiáveis de novas espécies e acreditamos que eles devam ser complementados por outros métodos mais padronizados espacialmente e que envolvem especialistas. Nós não vamos considerá-los de forma explícita até o capítulo 6, mas a calibragem dos levantamentos voluntários deve permanecer como um dos objetivos dos levantamentos mais estruturados. **A maioria dos levantamentos é realizada para monitorar grupos de animais específicos**, como aves (por exemplo, Koenig *et al.* 2011), borboletas (por exemplo, <http://www.naba.org/monitoring.html>) e peixes (por exemplo, Schmitt & Sullivan, 1996). Estes são muito valiosos por causa de sua cobertura geográfica e da possibilidade de se utilizar voluntários ou funcionários do governo dedicados para fazer os levantamentos. No entanto, eles avaliam apenas uma pequena parte da biodiversidade e o uso de um destes grupos como substituto geral para a biodiversidade é problemático (Capítulo 4, Brooks *et al.* 2004, Padial *et al.* 2010, Caro 2010, Lindenmayer & Likens 2010). Nós consideramos muitos esquemas de voluntários para protocolos individuais, mas eles não poderiam servir como modelos para o estabelecimento de sítios de campo para levantamentos integrados da biodiversidade.

Programas de monitoramento baseados em parcelas permanentes

O projeto GLORIA foi desenhado para estudar as mudanças climáticas e a biodiversidade em ambientes

surveys from historical records, which can be extremely valuable (e.g. Liu *et al.* 2011). However, they focus on a relatively small range of taxa, are not reliable indicators of new species, and we believe they should be complemented by other more spatially standardized methods that involve specialists. We will not consider them explicitly again until Chapter 6, but calibrating volunteer surveys should remain one of the objectives of any more structured surveys. **Most surveys are undertaken to monitor specific animal groups**, such as birds (e.g. Koenig *et al.* 2011), butterflies (e.g. <http://www.naba.org/monitoring.html>), and fish (e.g. Schmitt and Sullivan 1996). These are very valuable because of their geographic coverage and the possibility of using volunteers or dedicated government staff to do the surveys. However, they capture only a small part of the biodiversity, and the use of any general surrogate for biodiversity is problematic (Chapter 4, Brooks *et al.* 2004, Padial *et al.* 2010, Caro 2010, Lindenmayer and Likens 2010). We considered many volunteer schemes for individual protocols, but they could not serve as models for establishing field sites for integrated biodiversity surveys.

Monitoring schemes based on permanent plots

The GLORIA project was designed to study climate change and biodiversity in high mountain environments and implications for conservation biology, and is based on a strongly standardized sampling scheme (http://131.130.59.133/biodiv_forschung/Gumpenstein/Pauli_GLORIA.pdf). It focuses on vascular plants, and was designed for comparability, simplicity and economy, three

localizados em topos de montanhas e as implicações para a biologia da conservação, sendo baseado em um esquema de amostragem fortemente padronizado (http://131.130.59.133/biodiv_forschung/Gumpenstein/Pauli_GLORIA.pdf). O projeto concentra-se em plantas vasculares e foi projetado para ter comparabilidade, simplicidade e economia, três aspectos que acreditamos que precisam ser subjacentes a qualquer sistema de monitoramento da biodiversidade. As restrições para ele ser tomado como um modelo para o nosso sistema foram que ele focava em apenas uma pequena gama de táxons, era fortemente estratificado, não poderia ser usado para responder questões mais amplas e, mais importante, as unidades de amostragem individuais eram muito pequenas, com a maioria das parcelas sendo menor do que 20 m de lado a lado. Em alguns registros fotográficos das atividades de pesquisa provavelmente havia mais pesquisadores do que espécies sendo estudadas na parcela. Esta é uma situação ideal, mas não é uma que possamos replicar em florestas tropicais, recifes de corais ou mesmo em pradarias temperadas. Além disso, a escala das parcelas não preenchia os nossos critérios de escala relevante para os gestores. Obviamente, a rede tem enorme relevância global, mas informações provenientes de parcelas isoladas com menos de 0,1 ha são de uso limitado para os gestores locais. Com base nestes critérios, **decidimos que o modelo GLORIA, apesar de todos os seus aspectos proveitosos, seria melhor se aninhado**

aspects that we believe need to underlie any biodiversity monitoring scheme. Restrictions on it being a model for our scheme were that it focused on only a small range of taxa, it was strongly stratified, could not be used for wider questions and, most importantly, the individual sampling units were too small, most plots being less than 20m across. In some photos of research activity, there were probably more researchers than species being studied on the plot. This is an ideal situation, but not one that we could replicate in tropical forests, coral reefs or even temperate grasslands. Also, the scale of the plots did not meet our criteria for scale relevant to managers. The network obviously has enormous global relevance, but information coming from isolated plots of less than 0.1 ha is of limited use to local managers. Based on these criteria, **we decided that the GLORIA model, despite all its useful aspects, would be best nested within a larger system that was not so ecosystem specific.**

The Center for Tropical Forest Science (CTFS) has installed many large plots, ranging from 16 ha to 50 ha, and these plots have extra-ordinarily detailed documentation (Condit 1998). CTFS plots, especially the first, established on Barro Colorado Island, have been incredibly productive in terms of advancing tropical ecology, and have even lead to a general theory of biodiversity (Hubbell 2010). The standard large plot is 0.5 km², and all woody plants > 1 cm diameter at breast height (DBH) are measured and identified, as well as specific studies on other aspects of the system, such as seed rain and herbivory. This model is obviously very attractive because of its academic productivity, but it has serious limitations for general biodiversity

dentro de um sistema maior que não fosse tão específico para um ecossistema.

O Centro para Ciências das Florestas Tropicais (CTFS) instalou muitas parcelas grandes, que variam de 16 a 50 ha, e estas têm documentação extraordinariamente detalhada (Condit 1998). As parcelas CTFS, especialmente a primeira delas, instalada na Ilha de Barro Colorado, foram incrivelmente produtivas em termos de avanço da ecologia tropical e até levaram a uma teoria geral da biodiversidade (Hubbell 2010). A parcela grande padrão é de 0,5 km² e todas as plantas lenhosas com mais de 1 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) são medidas e identificadas, assim como estudos específicos sobre outros aspectos do sistema, tais como chuva de sementes e herbivoria. Esse modelo é obviamente muito atraente por causa de sua produtividade acadêmica, mas tem sérias limitações para o monitoramento da biodiversidade em geral. Ele foi projetado para plantas lenhosas, sendo que outros organismos, tais como ervas, insetos e vertebrados móveis, podem não ser bem amostrados em uma parcela de 0,5 km x 1 km. Embora a parcela possa ser sub-amostrada, a autocorrelação espacial extremamente elevada entre as subparcelas torna a análise de associações ambientais difícil (Diggle 1983) e o esforço para instalar e monitorar tal parcela é tão elevado que não pode ser replicado para dar informações na escala da paisagem.

Fisher *et al.* (2008) demonstraram que o uso de parcelas grandes unitárias tem limitações para o estudo da



FOTO/PHOTO: SMITHSONIAN TROPICAL RESEARCH INSTITUTE

- Estação de pesquisa na Ilha de Barro Colorado, Panamá. A ilha abrigou a primeira das parcelas do CTFS (Center for Tropical Forest Science), que contribuíram muito para o avanço da ecologia tropical.
- Research station at Barro Colorado Island, Panama. The island housed the first plots of CTFS (Center for Tropical Forest Science), which contributed greatly to the advancement of tropical ecology.

monitoring. It was designed for woody plants, and other organisms, such as herbs, mobile insects and vertebrates, may not be well sampled in a plot of 0.5 km x 1 km. Although the plot can be subsampled, the extremely high spatial autocorrelation between subplots makes analysis of environmental associations difficult (Diggle 1983), and the effort to install and monitor such a plot is so high that it cannot be replicated to give information at the landscape scale.

Fisher *et al.* (2008) have shown that single large plots have limitations for studying forest dynamics in the landscape. Disturbances (e.g. treefalls) happen very quickly, but

dinâmica da floresta na paisagem. Perturbações, como a queda de árvores, acontecem muito rapidamente, mas a recuperação pode demorar décadas ou séculos. Dessa forma, em algum dado momento a maioria da floresta está em fase de regeneração e a maioria das parcelas grandes irá registrar acumulação de biomassa, mesmo quando a taxa média de mudança na paisagem é zero. Fisher *et al.* (2008) sugeriram que a paisagem deve ser sub-amostrada com muitas parcelas menores amplamente espaçadas para aumentar a possibilidade de incluir elementos da paisagem em rápida mudança. Distúrbios em outros ecossistemas, tais como deslizamentos de terra em montanhas ou incêndios em florestas de eucalipto, mostram uma dinâmica semelhante. Buckland *et al.* (2005) também recomendaram amostrar a biodiversidade em várias parcelas dentro de um sítio. No entanto, para nós o principal entrave para a utilização de tais parcelas grandes foi o custo. Condit (1998) estimou um custo mínimo de US\$ 250.000,00 para implementar uma única parcela e um custo médio de cerca de US\$ 400.000,00 por parcela. Conforme explicado no Capítulo 2, esta é uma quantia muito maior do que a que geralmente está disponível para estudos de biodiversidade em qualquer lugar do mundo. Assim, embora reconhecendo o enorme valor das parcelas grandes da CTFS, **decidimos que seria melhor se elas pudessem ser encaixadas dentro de uma avaliação mais extensiva da paisagem que pudesse ser implementada a um custo menor.**

recuperation may take decades or centuries. Therefore, at any given time, most of the forest is in the regeneration phase, and most large plots will record biomass accumulation even when the average rate of change in the landscape is zero. Fisher *et al.* (2008) suggested that the landscape should be subsampled with many widely-spaced smaller plots to increase the chance of including parts of the landscape undergoing rapid change. Disturbances in other ecosystems, such as landslides on mountains, or fires in eucalypt forests, show similar dynamics, and Buckland *et al.* (2005) also recommended sampling biodiversity in a number of plots within a site. However, the main impediment to the use of such large plots for us was the cost. Condit (1998) estimated a minimum cost of US\$ 250,000.00 to implement a single plot, and an average cost of about US\$ 400,000.00 per plot. As explained in Chapter 2, that is a far greater amount than generally available for biodiversity studies anywhere in the world. Therefore, while recognizing the enormous value of large CTFS plots, **we decided that it would be best if they could be nested within a larger landscape evaluation that can be implemented at lower cost.**

The Amazon Forest Inventory Network (RAINFOR) is an international network that has been established to understand the biomass and dynamics of Amazonian forests. Since 2000 they have established a systematic framework for long-term monitoring of forest dynamics in the region (<http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/rainfor/index.html>). The network is extremely productive and integrates data from over 100 plots in more than 10 countries (e.g. Phillips *et al.* 2010). Data on vegetation is integrated

A Rede Amazônica de Inventários Florestais (RAINFOR) é uma rede internacional que foi criada para entender a biomassa e a dinâmica das florestas amazônicas. Desde 2000, os participantes vêm estabelecendo uma estrutura sistemática para o monitoramento de longo prazo da dinâmica florestal na região (<http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/rainfor/index.html>). A rede é extremamente produtiva e integra dados de mais de 100 parcelas em mais de 10 países (por exemplo, Phillips *et al.* 2010). Dados sobre a vegetação são integrados com dados sobre fatores abióticos, tais como solos (por exemplo, Quesada *et al.* 2010). Embora utilizando metodologia padronizada para a vegetação e o solo, a rede aproveita parcelas pré-existentes, muitas das quais foram instaladas para outros fins, e isso mostra as vantagens de sítios de investigação de longo prazo mesmo quando não havia originalmente nenhuma pergunta abrangente. As parcelas da rede RAINFOR foram projetadas para estudos de vegetação e geralmente não foram utilizadas para outros táxons. Embora haja replicação de parcelas em alguns sítios, os tamanhos das parcelas variam entre locais e a distribuição das parcelas na paisagem é idiossincrática, tornando-se difícil comparar a diversidade beta dos sítios. Desta forma, embora as parcelas de vegetação do PPBio estejam sendo incluídas na rede RAINFOR – e atualmente estejamos ajustando nossos protocolos de solo para os da RAINFOR – a rede não poderia servir como um modelo geral para sítios de monitoramento da biodiversidade.



- *Marcação de árvores na Reserva Ducke durante o doutorado de Carolina Castilho. O estudo da Carol foi um dos pilares na história do sistema RAPELD.*
- *Tree tagging at Reserva Ducke for Carolina Castilho's doctoral thesis. Carol's studies were a landmark in RAPELD history.*

with data on abiotic factors, such as soils (e.g. Quesada *et al.* 2010). While using standardized methodology for vegetation and soils, the network takes advantage of pre-existing plots, many of which were installed for other purposes, and this shows the advantages of long-term research sites even when there were originally no overarching questions. The RAINFOR plots were designed for vegetation studies, and generally have not been used for other taxa. Although there is plots replication in some sites, plot size vary among sites and the distribution within the landscape is idiosyncratic, making it difficult to compare beta diversity of sites. Therefore, although we planned for vegetation plots to be included in the RAINFOR network – and we are currently adjusting our soil protocols to those of RAINFOR – the network could not serve as a general model for biodiversity monitoring sites.

No extremo oposto aos levantamentos padronizados de um único táxon estão os sítios de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD). Estes sítios têm como objetivo comum a manutenção de estudos ecológicos ao longo de décadas ou mais tempo, e geralmente têm um forte componente de estudos da biodiversidade. Muitos estudos relacionados com organismos individuais só podem ser realizados em locais fixos e em longo prazo (Billick & Price 2010a, Clutton-Brock & Sheldon 2010, Magurran *et al.* 2010). A Reserva Ducke é parte do Sítio #1 da rede brasileira de PELDs. Grande parte do monitoramento de longo prazo que tem influenciado as decisões de gestão tem sido realizada em sítios PELD (Lindenmayer & Likens 2010). O envolvimento dos pesquisadores em longo prazo tem consequências importantes para a transferência de informações aos políticos. Por exemplo, os efeitos deletérios da chuva ácida já haviam sido detectados na Europa, mas os estudos de longa duração em Hubbard Brook foram instrumentais na transferência desse conhecimento para os tomadores de decisão nos EUA (Likens 2010). No entanto, sítios PELD não têm protocolos padronizados em relação à biodiversidade e os estudos em grande parte refletem os interesses atuais dos investigadores principais do sítio.

Após uma década de financiamento, os sítios PELD brasileiros não haviam produzido publicações integradas ou disponibilizado dados em um formato padrão, exceto para os sítios que faziam parte do PPBio e que haviam adotado o

At the other extreme from standardized surveys of a single taxon are Long-Term Ecological Research (LTER) sites. These sites have a common goal of maintaining ecological studies over decades or more, and usually have a strong component of biodiversity studies. Many studies related to individual organisms can only be undertaken in long-term fixed sites (Billick and Price 2010a, Clutton-Brock and Sheldon 2010, Magurran *et al.* 2010). Reserva Ducke is Site #1 of the Brazilian LTER network. Much of the long-term monitoring that has influenced



- *A perereca Cruziohyla craspedopus. Estudar ecologia em longos períodos de tempo permite compreender melhor a resposta a ameaças de organismos particularmente sensíveis a alterações climáticas, como os anfíbios.*
- *The frog Cruziohyla craspedopus. Studying ecology for long periods allows better understanding of the response of organisms particularly sensitive to climate change, such as amphibians.*

sistema RAPELD. Esta não é uma crítica ao PELD brasileiro em particular – sítios PELD internacionais sofrem da mesma falta de integração (Hero *et al.* 2010). **Apesar de extremamente valiosos, sítios PELD não fornecem os dados integrados necessários para os gestores, a não ser que sejam associados a um sistema específico de monitoramento da biodiversidade.** Nos EUA, o sistema PELD é baseado em perguntas locais e tem sido muito produtivo em termos de publicações e na solução de alguns problemas locais. Entretanto, gerou apenas umas poucas sínteses e informações comparáveis entre os sítios (National Science Foundation 2002). A síntese de 20 anos do programa recomenda que “a terceira década de síntese para pesquisas PELD demande conhecimento básico sobre a biodiversidade”.

Em parte para reparar o problema da comparabilidade, a Fundação Nacional de Ciências dos EUA, com muitas outras agências e ONGs, estão cooperando para criar a Rede Nacional de Observatórios Ecológicos (NEON), que irá recolher dados através dos Estados Unidos sobre os impactos das mudanças climáticas, mudanças de uso da terra e espécies invasoras sobre os recursos naturais e a biodiversidade (<http://www.neoninc.org/>). As unidades de amostragem básicas propostas inicialmente para a rede NEON foram bacias hidrográficas, o que é lógico considerando o fato de que são unidades ecológicas naturais (Magnusson 2001) e têm sido utilizadas em alguns dos mais importantes projetos ecológicos de longa duração (por

management decisions has been undertaken in LTER sites (Lindenmayer and Likens 2010). Long-term involvement of researchers has important consequences for the transfer of information to policy makers. For instance, the deleterious effects of acid rain had already been detected in Europe, but the long-term studies at Hubbard Brook were instrumental in transferring that knowledge to decision makers in the USA (Likens 2010). However, LTER sites have no standard protocols in relation to biodiversity and studies largely reflect the current interests of the site’s principle investigator.

After a decade of funding, the Brazilian LTER sites had not produced integrated publications or made data available in a standard format, except for the sites that were part of the PPBio and that had adopted the RAPELD system. This is not a criticism of the Brazilian LTER in particular – international LTER sites suffer from the same lack of integration (Hero *et al.* 2010). **While enormously valuable, LTER sites do not provide the integrated data necessary for managers unless they are associated with a specific biodiversity monitoring system.**

The LTER system in the USA is based on individual site-based questions, and has been very productive in terms of publications and solving some local problems. However, there has been only limited synthesis and production of comparable information across sites (National Science Foundation 2002). The 20-year synthesis of the program recommended that “A third decade of synthesis for LTER research demands core knowledge of biodiversity.”

Partly to redress the problem of comparability, the US National Science

exemplo, Likens 2010, Slaughter *et al.* 1998, Pulliam e Waser 2010). No entanto, bacias hidrográficas têm uma forte limitação em relação ao monitoramento da biodiversidade ao longo de grandes escalas. As bacias variam muito em tamanho e, mesmo quando elas são do mesmo tamanho, elas não têm necessariamente os mesmos fluxos de água ou de energia, nem a mesma densidade de cursos d'água. Isto torna extremamente difícil aplicar um conjunto de unidades de amostragem padrão que permita comparações da biodiversidade entre os sítios. Além disso, as atividades humanas em geral não são uniformemente distribuídas em bacias hidrográficas. O sistema NEON é agora fortemente orientado para monitoramento ambiental com alta tecnologia, o que pode não ser apropriado para muitos sítios PELD (Lindenmayer & Likens 2010), especialmente quando o objetivo principal é o de entender o que está acontecendo com a biodiversidade. Portanto, apesar de as bacias hidrográficas poderem ser estratos importantes para serem utilizadas nas análises e embora o monitoramento ambiental com alta tecnologia possa ser vantajoso onde for viável, **consideramos mais apropriado ter um conjunto de unidades amostrais padronizadas espacialmente que pudessem ser usadas em uma ampla variedade de situações e que pudessem ser replicadas dentro de bacias hidrográficas ou outras unidades paisagísticas onde necessário.**

A missão da rede de Avaliação e Monitoramento de Ecologia Tropical (TEAM)

Foundation, with many other agencies and NGOs, are cooperating to create the National Ecological Observatory Network (NEON), which will collect data across the United States on the impacts of climate change, land use change and invasive species on natural resources and biodiversity (<http://www.neoninc.org/>). The basic sampling units were catchments, which is logical considering the fact that catchments are natural ecological units (Magnusson 2001), and have been used in some of the most important long-term ecological projects (e.g. Likens 2010, Slaughter *et al.* 1998, Pulliam and Waser



- *A maior caranguejeira do mundo, Theraphosa blondi. Em geral grandes aranhas são predadoras de gafanhotos e outros insetos herbívoros, ajudando a manter menores suas populações o que favorece o crescimento das plantas.*
- *The biggest tarantula in the world, Theraphosa blondi. In general, large spiders are predators of grasshoppers and other herbivores, helping to keep their populations in check and hence contributing to plant growth.*

é gerar dados em tempo real para monitorar tendências de longo prazo na diversidade e serviços dos ecossistemas tropicais através de uma rede global de estações de campo, proporcionando um sistema de alerta precoce sobre o estado da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos para efetivamente orientar ações de conservação. Cada sítio TEAM tem pelo menos 6 parcelas, e parcelas dentro de um sítio podem ter diferentes configurações na paisagem. No sítio de Caxiuana, na Amazônia oriental, as parcelas estão distribuídas de forma relativamente uniforme ao longo de uma linha em um tipo de hábitat relativamente homogêneo. No sítio de Manaus, na Amazônia central, as parcelas estão colocadas em pares separados, em alguns casos, por mais de 100 km, mas todas em altitudes semelhantes. No sítio de Volcán Barva, na Costa Rica, as parcelas estão distribuídas ao longo de uma montanha. Embora o sistema contemple a replicação dentro da paisagem, a variação nas configurações espaciais torna as comparações entre os sítios muito complicadas. Além disso, há considerável subjetividade no posicionamento das parcelas que deveriam ser dispostas sobre “tipo de solo e terreno relativamente homogêneo”. Embora isso seja vantajoso para o desenvolvimento de modelos preditivos, há outras formas de se obter condições relativamente homogêneas de solo e terreno que não requerem decisões subjetivas sobre onde colocar a parcela (Costa & Magnusson 2010).

Nos sítios TEAM, os pesquisadores monitoram o clima, borboletas, primatas, aves, vegetação e vertebrados terres-

2010). However, catchments have a strong limitation in regard to monitoring biodiversity across large scales. Catchments vary greatly in size, and even when they are the same size, they do not necessarily have the same fluxes of water or energy, nor the same density of watercourses. This makes it extremely difficult to apply a standard array of sampling units that would allow comparisons of biodiversity among sites. Also, human activities are generally not uniformly distributed across catchments. The NEON system is now strongly oriented towards high-technology environmental monitoring, which may not be appropriate for many LTER sites (Lindenmayer and Likens 2010), especially when the principle objective is to understand what is happening to biodiversity. Therefore, although catchments may be important strata to be used in analyses, and high-technology environmental monitoring may be an advantage where it is viable, **we considered it more appropriate to have spatially standardized sampling arrays that could be used in a wide variety of situations, and that can be replicated within catchments or in other landscape units where necessary.**

The mission of the Tropical Ecology, Assessment and Monitoring (TEAM) network is to generate real-time data to monitor long-term trends in tropical diversity and ecosystem services through a global network of field stations, providing an early warning system on the status of biodiversity and ecosystem services to effectively guide conservation action. Each TEAM site has at least 6 plots, and plots within the site can have different configurations within the landscape. In the Caxiuana site in eastern Amazonia,

tres que podem ser registrados por armadilhas fotográficas ou podem ser gravados por dispositivos automáticos de gravação acústica. Estão desenvolvendo métodos para anfíbios. A maioria das espécies é amostrada em áreas de diferentes tamanhos ao redor de uma parcela central de vegetação de 1 ha (<http://www.teamnetwork.org/protocols>). A amostragem é mais intensiva do que é viável para a maioria dos grupos-alvo na maioria das localidades e isso levou à remoção das formigas dos protocolos, mesmo em locais de fácil acesso, como o sítio de Manaus. A ênfase em estações de campo padronizadas e replicação na paisagem nos foi apelativa e temos colaborado com a rede TEAM em Manaus. No entanto, por causa dos protocolos intensivos e caros, e da distribuição

plots are relatively evenly distributed in a line in a relatively homogeneous habitat type. In the Manaus site, in central Amazonia, plots are placed in pairs separated in some cases by over 100 km, but all at similar altitudes. In the Volcán Barva site in Costa Rica, plots are distributed up a mountain. Although the system has replication within the landscape, the variable spatial configurations make comparisons among sites very complicated. Also, there is considerable subjectivity in placement of plots as they should be on “relatively homogeneous soil type and terrain.” Although this is advantageous for development of predictive models, there are other ways of obtaining relatively homogeneous soil and terrain conditions that do not require subjective decisions about plot placement (Costa and Magnusson 2010).

Researchers in TEAM sites monitor climate, butterflies, primates, birds, vegetation and terrestrial vertebrates that can be recorded by camera traps or species that can be recorded by automatic acoustic recording devices. They are developing methods for amphibians. Most species are surveyed in areas of different sizes around a central vegetation plot of one hectare (<http://www.teamnetwork.org/protocols>). Sampling is more intensive than is viable for most target groups in most locations, and this led to ants being removed from the protocols even in readily accessible locations, such as the Manaus site. The emphasis on standardized field stations and replication in the landscape appealed to us, and we have collaborated with the TEAM network in Manaus. However, because of the expensive intensive protocols and the idiosyncratic distribution of plots within sites, **we considered that the TEAM sites would best be**

FOTO/PHOTO: KEITH WILLIAMS



- *Lince-do-Canadá, Lynx canadensis, uma das espécies monitoradas pelo Instituto de Monitoramento da Biodiversidade de Alberta (ABMI).*
- *Canada Lynx, Lynx canadensis, one of the species monitored by the Office of the Alberta Biodiversity Monitoring Institute (ABMI).*

idiossincrática de parcelas dentro dos sítios, **consideramos que os sítios TEAM funcionariam melhor se embutidos em um sistema que oferecesse uma amostragem mais representativa da paisagem e mais flexibilidade quanto aos táxons-alvo e à frequência de amostragem.**

Um dos programas de monitoramento da biodiversidade mais integrados e mais extensivamente documentados é realizado pelo Instituto de Monitoramento da Biodiversidade de Alberta (ABMI). Alberta é uma província canadense muito grande e o ABMI fornece conhecimento para agências de gestão de modo que elas possam tomar decisões informadas. É uma organização sem fins lucrativos, regida por um conselho de administração composto por representantes do Governo de Alberta, de ONGs ambientalistas, dos setores florestal, energético e agrícola, mais a comunidade científica. Devido ao envolvimento desde o princípio de uma coleção tão diversa de usuários, a ABMI é fortemente orientada a responder questões. Embora haja muitos usuários e questões explícitas no site do projeto, Lindenmayer e Likens (2010) criticaram o programa por falta de planejamento, aparentemente porque esses autores não foram capazes de reconhecer o planejamento para além do nível de um usuário individual e um único sítio.

A ABMI tem protocolos diferentes para áreas terrestres, áreas úmidas, córregos, rios e lagos, mas tem uma rede de amostragem extremamente densa e uniforme para cada tipo de amostragem. Plantas vasculares, briófitas, líquens, aves, ma-



- *Bico de brasa, Monasa nigrifrons. Pássaros atuam como dispersores de sementes, predadores de insetos herbívoros e polinizadores de diversas flores. Unidades amostrais que podem ser usadas para monitoramento de diversos organismos são úteis para estudos integrados e de longo prazo.*
- *Black-fronted Nunbird, Monasa nigrifrons. Birds are seed dispersers, control herbivorous insects and pollinate flowers. Sample units that can be used for monitoring wide variety of organisms are useful for long term integrated monitoring studies.*

embedded in a system that gives more representative sampling of the landscape and more flexibility as to target taxa and sampling frequency.

One of the most integrated and most extensively documented biodiversity-monitoring programs is undertaken by the Alberta Biodiversity Monitoring Institute (ABMI). Alberta is a very large Canadian Province and the ABMI provides information to management agencies so that they can make informed decisions. It is a not-for-profit organization governed by a board of directors composed of representatives from

míferos e ácaros são pesquisados em sítios terrestres. Sítios aquáticos incluem pesquisas de plantas vasculares, invertebrados aquáticos, algas bentônicas, peixes, fitoplâncton e zooplâncton (nem todos são pesquisados em cada tipo de sítio aquático). Assim como os dados de biodiversidade, há registro de informação sobre a estrutura da vegetação, o solo, as características físico-químicas da água e outras variáveis de habitat, e isso tudo é ligado a variáveis da paisagem obtidas a partir de sensoriamento remoto. A ABMI tem o sistema de monitoramento da biodiversidade mais intensivo e compreensível dentre os que estamos cientes e a logística do empreendimento é inspiradora. Muitos sítios só podem ser acessados por via aérea e a inclusão de spray repelente de ursos na lista de equipamentos de campo necessários indica que, por uma variedade de razões, as pesquisas podem ser perigosas para a equipe técnica. Embora invejemos o sistema ABMI, nós não poderíamos usá-lo como algo mais do que um modelo conceitual, pois os recursos econômicos para tal empreendimento simplesmente não estão disponíveis na maior parte do mundo e sabíamos que levantamentos em larga escala poderiam ser melhor interpretados se integrados com estudos intensivos em um subconjunto de sítios. Ou seja, seria melhor se muitos dos sítios de amostragem da ABMI pudessem ser encaixados dentro de sítios com amostragem mais integrada na paisagem local. Desta forma, **procuramos um sistema que pudesse ser ampliado na medida em que fosse implementado** – ao invés de depender desde o início de uma

the Government of Alberta, environmental non-governmental organization sector, forest sector, energy sector, agriculture sector, and the research community. Because of the involvement of such a diverse collection of users at the outset, the ABMI is strongly question oriented. Although there are many users and explicit questions in the project web site, Lindenmayer and Likens (2010) criticized the program for lack of planning, apparently because those authors were unable to recognize planning beyond the level of an individual user and a single site.

The ABMI has different protocols for terrestrial, wetland, stream, river and lake sites, but has an extremely dense uniform sampling grid across the whole province for each of them. Vascular plants, bryophytes, lichens, birds, mammals and mites are surveyed in terrestrial sites. Aquatic sites include surveys for vascular plants, aquatic invertebrates, benthic algae, fish, phytoplankton and zooplankton (not all are surveyed in each type of aquatic site). As well as the biodiversity data, information is recorded on vegetation structure, soil, water physiochemistry and other habitat variables, and this is linked to landscape variables obtained from remote sensing. The ABMI has the most comprehensive and intensive biodiversity monitoring system that we are aware of, and the logistics of the undertaking are awe inspiring. Many sites can only be accessed by air, and the inclusion of bear spray in the list of required equipment indicates that surveys may be dangerous for the technical staff for a variety of reasons. While we are envious of the ABMI system, we could not use it as more than a conceptual model, because the economic resources for such an undertaking are simply not available

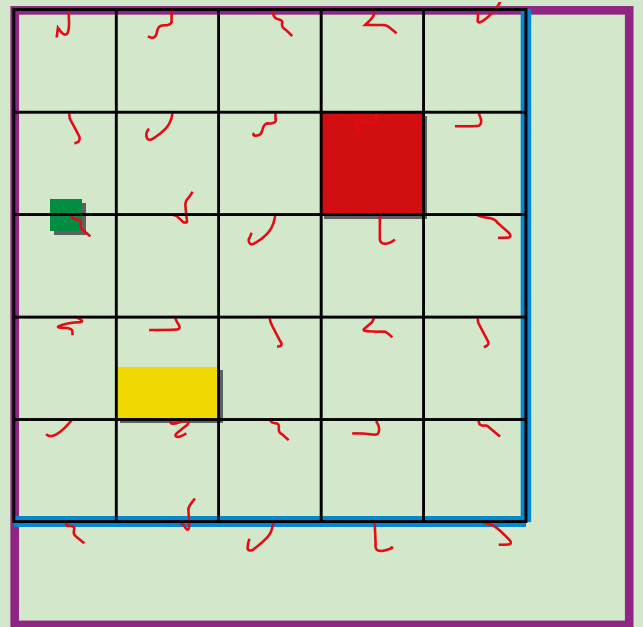
cobertura sistemática e completa – e que permitisse a sub-amostragem de paisagens locais (Buckland *et al.* 2005).

A lista de sistemas de parcelas que apresentamos está longe de ser completa e a maioria foi implementada na região Neotropical. Escolhemos esses exemplos porque estamos familiarizados com eles, participamos deles ou os discutimos em detalhes com os seus principais pesquisadores. Dallmeier e Comiskey (1998) fornecem muitos exemplos de estudos conduzidos no Velho Mundo. Contudo,

in most parts of the world, and we knew that broad-scale surveys can be better interpreted if integrated with intensive studies at a subset of sites. That is, it would be better if many of the ABMI sampling sites could be nested within sites with more integrated sampling over the local landscape. **We therefore looked for a system that could be implemented in increments** – rather than depending on a complete systematic coverage from the outset – and which would allow subsampling of local landscapes (Buckland *et al.* 2005).

Integração com outros sistemas de monitoramento

Um exemplo hipotético de uma grade RAPELD padrão mostrando como outros sistemas de monitoramento podem ser aninhados dentro dela. As linhas pretas representam as trilhas dispostas perpendicularmente a cada 1 km. As linhas vermelhas irregulares representam parcelas RAPELD de distribuição uniforme. O quadrado vermelho mostra o tamanho relativo da parcela do TEAM e o retângulo amarelo a parcela de 50 ha do CTFS. Torres de fluxo atmosférico da LBA (quadrado verde) podem ser colocadas em posições estratégicas. As trilhas servem para levantamentos em transectos de linha. A linha azul indica as trilhas normalmente usadas por Carlos Peres e colaboradores para levantamentos de mamíferos. As parcelas para onças da Sociedade para a Conservação da Vida Silvestre (linha roxa) são ligeiramente maiores (36 km²), mas podem ser facilmente instaladas em continuidade à grade RAPELD.



Integration with other monitoring systems

A hypothetical example of a standard RAPELD grid showing how other monitoring systems can be nested within it. The black lines represent the tracks arranged perpendicularly every 1 km. The red irregular lines represent uniformly distributed plots. The red square shows the relative size of the TEAM plot and the yellow rectangle the CTFS 50 ha plot. Atmospheric flux towers of LBA (green square) can be placed in strategic positions. The trails allow line transect surveys. The blue line indicates the trails usually used by Carlos Peres and collaborators to survey mammals. The plots to study jaguars by the Wildlife Conservation Society (purple line) are slightly larger (36 km²), but can be easily placed complementarily to the standard RAPELD grid.

todos os sistemas se beneficiaram dos resultados de esforços anteriores e os conceitos a que nos referimos poderiam ter sido ilustrados com outros exemplos e concentrado-se em estudos de outras regiões biogeográficas. Nós os utilizamos apenas como exemplos para mostrar porque selecionamos certas opções e evitamos outras. Nas seções seguintes, vamos discutir a implementação de sítios de campo padronizados que podem ser usados para amostrar e monitorar eficientemente a maioria da biodiversidade utilizando métodos convencionais ou próximos aos convencionais em escalas de interesse para a maioria dos gestores de terras. Eles devem ter todos os componentes críticos listados por Lindenmayer e Likens (2010: Box 3.6). Estes métodos foram projetados para complementar ou calibrar outros métodos de estudo da biodiversidade mais intensivos ou extensivos e não sugerimos que esta metodologia deva ser utilizada em detrimento de outras abordagens. Na verdade, todos os sistemas descritos acima podem ser aninhados dentro da infraestrutura de campo do sistema RAPELD.

Parcelas RAPELD

As parcelas RAPELD são projetadas para amostrar a paisagem e gerar dados que possam ser usados para extrapolar relações além das fronteiras do sítio. A maneira mais simples de se fazer isso é amostrar a paisagem uniformemente com parcelas espaçadas de forma regular. Parcelas dispostas aleatoriamente possuem algumas vantagens estatísticas, mas a logística é uma limitação

The list of plot systems we have given is far from complete, and most are carried out in the Neotropics. We chose those examples because we are familiar with them, have participated in them, or have discussed them in detail with their principle investigators. Dallmeier and Comiskey (1998) provide many examples of Old-World studies. However, all systems have benefitted from the results of previous efforts, and the concepts we have referred to could have been illustrated using other examples, and concentrating on studies in other biogeographic regions. We use them only as examples to show why we selected certain options and avoided others. In the following sections, we will discuss the implementation of standardized field sites that can be used to sample and monitor most biodiversity efficiently using conventional or near-conventional methods, at scales of interest to most land managers. They should have all of the critical components listed by Lindenmayer and Likens (2010: Box 3.6). These methods were designed to complement or calibrate other more-intensive or more-extensive methods to study biodiversity, and we do not suggest that this methodology should be used to the exclusion of other approaches. In fact, all of the systems described above can be nested within RAPELD field infrastructure.

RAPELD plots

RAPELD plots are designed to sample the landscape and generate data that can be used to extrapolate relationships beyond site boundaries. The simplest way to do this is to sample the landscape uniformly with regularly-spaced plots. Randomly placed plots have some statistical advantages, but

para a amostragem da maioria dos táxons. Em qualquer caso, se a posição inicial de uma grade regular é escolhida aleatoriamente, a estrutura de amostragem resultante pode ser considerada efetivamente aleatória na maioria das vezes (Williams *et al.* 2002). Como muitas questões relacionadas à biodiversidade precisam ser espacialmente explícitas e dependem de amostragens sem viéses, nós iremos iniciar com parcelas RAPELD uniformemente distribuídas e consideraremos as amostragens estratificadas em outro momento.

Em um sistema RAPELD padrão, parcelas uniformemente distribuídas são estabelecidas em intervalos de 1 km ao longo de cada trilha de 5 km, totalizando 5 parcelas por trilha (10 parcelas por módulo padrão e 30 parcelas por grade padrão). Dez parcelas capturam muito da variabilidade local para estudos utilizando módulos e 30 parcelas são suficientes para se obter confiabilidade estatística para a maioria dos estudos restritos a uma única grade. Em áreas menores, tais como manchas de savana em Roraima (<http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/aguaboa>) e uma reserva urbana na Austrália (Hero *et al.* 2010), os pesquisadores estabeleceram parcelas mais próximas para obter um maior número de repetições. No entanto, muitas questões em maior escala podem exigir que apenas um subconjunto dessas parcelas seja utilizado nas análises, a fim de manter a coerência espacial quando integrado a outros conjuntos de parcelas. Frequentemente, os pesquisadores querem saber se parcelas com



- *Parque Nacional do Viruá, Roraima. O limite entre a floresta e o buritizal é determinado pela distribuição de água no solo.*
- *Viruá National Park, State of Roraima. The boundary between the forest and palm forest is determined by the distribution of soil water.*

the logistics are prohibitive for sampling most taxa. In any case, if the starting position of a regular grid is chosen randomly, the resulting sampling array can effectively be considered random in most cases (Williams *et al.* 2002). As many questions related to biodiversity have to be spatially explicit and rely on unbiased sampling, we will start with uniformly-distributed RAPELD plots and treat stratified sampling later.

In a standard RAPELD system, uniformly-distributed plots are placed at 1-km intervals along each 5-km trail, giving 5 plots per trail (10 plots for a standard module and 30 plots for a standard grid). Ten plots captures much of the local variability for studies using modules, and 30

espaçamento de 1 km de distância são unidades independentes para as análises, e a resposta sensata é 'às vezes'. Saber se as parcelas são unidades de amostragem independentes depende da escala da questão e, em caso de dúvida, algumas análises de independência espacial estão disponíveis. No entanto, muitas dessas técnicas não são adequadas para questões de conservação mais aplicadas e é necessário exercer o bom senso ao invés de somente usar critérios estatísticos na interpretação de análises de autocorrelação espacial (Landeiro & Magnusson 2011).

O número de espécies incluídas dentro de uma parcela de determinada área é bastante afetado pela sua forma (Condit *et al.* 1996, Dengler *et al.* 2009). Parcelas longas e estreitas tendem a conter mais espécies do que parcelas quadradas ou circulares por dois motivos. Organismos tendem a ocorrer em densidades mais elevadas em alguns habitats do que em outros e parcelas longas têm mais chance de interceptar diferentes habitats do que parcelas curtas. No entanto, **independente da heterogeneidade ambiental, organismos da mesma espécie tendem a ocorrer em agrupamentos e parcelas longas têm mais chance de encontrar mais desses agrupamentos.** Com base nesta lógica, e querendo usar transectos para caracterizar grandes áreas, Alwyn Gentry realizou pesquisas pelo mundo afora de plantas lenhosas em parcelas longas e estreitas, produzindo uma das mais importantes bases de dados sobre a diversidade vegetal já disponível

plots is enough to obtain statistical reliability for most studies confined to a single grid. In smaller areas, such as savanna patches in the Brazilian state of Roraima (<http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/aguaboa>) and an urban park in Australia (Hero *et al.* 2010), researchers have placed plots closer together to achieve greater replication. However, many broader-scale questions may require that only a subset of those plots is used in analyses, in order to keep spatial coherence when integrated to other sets of plots. Researchers frequently ask whether plots spaced 1-km apart are independent units for analysis, and the answer is 'sometimes'. Whether plots are independent sampling units depends on the scale of the question and, if in doubt, analyses of spatial independence are available. However, many of those techniques are not appropriate for most applied conservation questions, and it is necessary to exercise common sense rather than statistical criteria in the interpretation of statistical analyses of spatial autocorrelation (Landeiro and Magnusson 2011).

Plot shape greatly affects the number of species included for a given plot area (Condit *et al.* 1996, Dengler *et al.* 2009). Long thin plots tend to contain more species than square or circular plots for two reasons. Organisms tend to occur in higher densities in some habitats than others, and long plots have more chance of intercepting different habitats than short plots. However, **independent of environmental heterogeneity, organisms of the same species tend to occur in clumps, and long plots have more chance of encountering more clumps.** Based on this logic, and wanting to use single transects to characterize large areas, Alwyn Gentry undertook surveys of

(Phillips & Miller 2002). Gentry usou parcelas longas, de 250 m, aleatoriamente orientadas. Porém, parcelas que vão declive abaixo tendem a encontrar condições de hábitat mais diferentes do que parcelas que seguem ao longo das curvas de nível de altitude. Hanna Tuomisto e colegas aproveitaram esta informação e usaram parcelas longas, de 500 m, orientadas segundo os declives, para avaliar a distribuição geográfica de samambaias e de espécies da família Melastomataceae (por exemplo, Tuomisto *et al.* 2003).

O comprimento das parcelas foi escolhido por Gentry e Tuomisto para ter um número suficiente de indivíduos para realizar análises estatísticas convencionais. Scheiner *et al.* (2011) afirmaram que em geral “o tamanho da unidade amostral não deve ser maior que o grão do ambiente, de preferência deve ser menor”. No entanto, o grão que vemos depende de nossas perguntas e o grão das características relevantes para os políticos raramente é inferior a 250 m de extensão. **Parcelas muito pequenas iriam conter poucas espécies e resultar em diferenças muito grandes entre parcelas adjacentes.** Tais dados são conhecidos como “inflados com zeros” porque eles tendem a ter mais ocorrências de zeros do que o esperado pela teoria de amostragem. Eles podem ser analisados com métodos modernos de máxima verossimilhança, mas com resultados menos intuitivos (Zuur *et al.* 2009). Números maiores de indivíduos por parcela permitem apresentações gráficas que são compreensíveis para um público



- A erva *Costus erythrophyllus* no Rio Envira, Feijó (AC).
● Plantas de sub-bosque são boas candidatas para estudos de distribuição espacial, pois são diversas e facilmente encontradas e coletadas.
- The herb *Costus erythrophyllus* in Rio Envira, Feijó, State of Acre. Understory plants are good candidates for studies of spatial distribution, as they are diverse, and easy to find and collect.

woody plants in long, thin plots throughout the world, and produced one of the most important databases on plant diversity now available (Phillips and Miller 2002). Gentry used randomly-oriented 250-m long plots, but plots running down slopes tend to encounter more different habitat conditions than plots that run along altitudinal contour lines. Hanna Tuomisto and her colleagues have taken advantage of this and used 500-m long plots oriented down slopes to evaluate geographic distributions of ferns and species of the family Melastomataceae (e.g. Tuomisto *et al.* 2003).

muito mais amplo e permitem a avaliação visual dos resultados representados pelas estatísticas, que muitas vezes não são bem compreendidas, nem mesmo pelos autores dos trabalhos.

Usar parcelas longas que cruzam gradientes de hábitat para maximizar o número de táxons diferentes encontrados faz sentido quando parcelas individuais devem representar uma área muito grande, mas não é a melhor alternativa se for possível colocar repetições representativas espalhadas pela paisagem local. Entretanto, como declarado explicitamente nos protocolos para plantas do TEAM – e nós suspeitamos que implicitamente na maioria dos outros estudos

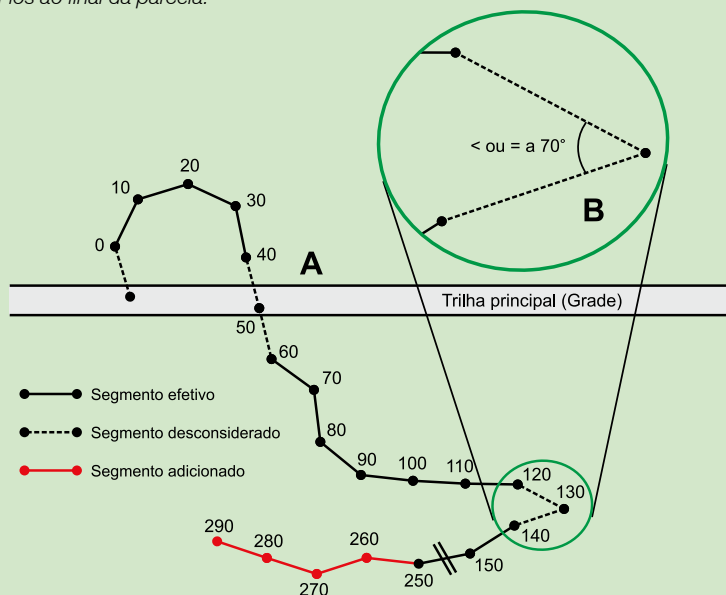
The length of the plots was chosen by Gentry and Tuomisto to have enough individuals to undertake analyses with conventional statistics. Scheiner *et al.* (2011) stated "In general, the size of the sampling unit should be no bigger than, and preferably smaller than, the grain of the environment." However, the grain we see depends on our questions, and the grain of features relevant to politicians is rarely less than 250m in extent. **Very small plots would record few species and result in very large differences between adjacent plots.** Such data are known as zero inflated because they tend to have more zero occurrences than expected under simple sampling theory, but they can be analyzed

Parcela RAPELD de distribuição uniforme

Exemplo de uma parcela RAPELD de distribuição uniforme que segue a curva de nível ao longo da linha de contorno central em segmentos lineares de 10 m. Apenas a linha central da parcela está representada e a área pode variar de acordo com o interesse do estudo. Alguns ajustes podem ser necessários durante a implementação das parcelas: A – Quando a parcela encontra a trilha principal esse segmento é descartado e um novo segmento deve ser incluído no final. B – No caso de haver uma curva com ângulo menor ou igual a 70° entre os segmentos também é necessário descartar um ou mais segmentos e incluí-los ao final da parcela.

Uniformly distributed RAPELD plot

Example of a uniformly distributed RAPELD plot that follows the contour line along a central line in 10 m linear segments. Only the center line of the plot is shown and area may vary according to the interest of the study. Some adjustments may be required during the implementation of the plots: A - When the plot crosses the main trail that segment is discarded and a new segment must be included at the end of the plot. B - If there is a curve with an angle smaller or equal to 70° between segments, it is also necessary to discard one or more segments and include them at the end of the plot.



– os pesquisadores querem relacionar seus dados com as posições ao longo de gradientes ambientais, geralmente tentando minimizar a heterogeneidade ambiental dentro da parcela. Quando isso resulta no posicionamento subjetivo das parcelas, elas não podem mais ser usadas para representar a paisagem em que estão inseridas. Alguns pesquisadores sugeriram usar trechos de uma longa parcela orientada declive abaixo como unidades de amostragem. Isso tem vários inconvenientes. Primeiro, é necessário coletar todos os dados ambientais em cada subparcela, o que aumenta os custos. Em segundo lugar, subparcelas adjacentes geralmente são mais semelhantes do que o esperado ao acaso, resultando em autocorrelação espacial. Técnicas de máxima verossimilhança, usando uma combinação de análises para modelar a autocorrelação espacial e a distribuição de dados com muitos zeros é possível (Zuur *et al.* 2009), assim como modelos complexos que levam em conta a não estacionaridade (Hothorn *et al.* 2011), mas estão muito além da compreensão da maioria dos biólogos profissionais, para não falar dos políticos tomadores de decisão. Ainda que tenhamos ouvido muitos biólogos afirmar que eles analisariam os dados dessa maneira, ainda não temos conhecimento de alguém que realmente o tenha feito.

Parcelas longas e estreitas também possuem muitas vantagens logísticas. É muito mais fácil medir distâncias curtas a partir de uma linha central do que localizar um organismo dentro de uma parcela de 100 x 100 m. Porém, a parcela longa

with modern maximum likelihood methods, albeit with less intuitive results (Zuur *et al.* 2009). Larger numbers of individuals per plot allow graphical presentations that are understandable to a much wider audience, and permit visual evaluation of the results represented by the statistics, which are often not well understood, even by the authors of the papers.

Using long plots that cut across habitat gradients to maximize the number of different taxa encountered makes sense if individual plots have to represent a very large area, but are not the best alternative if it is possible to place representative replicate plots across the local landscape. However, as stated explicitly in the TEAM protocols for plants – and we suspect implicitly in most other studies – researchers want to relate their data to positions along environmental gradients, and generally try to minimize environmental heterogeneity within the plot. When this results in subjective placement of the plots, they can no longer be used to represent the landscape in which they are embedded. Some researchers have suggested using subsections of a long plot oriented down slope as sampling units. This has several drawbacks. First, it is necessary to collect all environmental data in each subplot, which increases costs. Secondly, adjacent subplots are usually more similar than expected by chance, resulting in spatial autocorrelation. Maximum likelihood techniques, using a combination of analyses to model spatial autocorrelation and zero inflated data, are possible (Zuur *et al.* 2009), as well as complex models that take into account non-stationarity (Hothorn *et al.* 2011), however they are way beyond the comprehension of most professional biologists, let alone political

terá uma variação grande e indesejável nos solos e em outras condições ambientais, caso seja orientada de forma aleatória ou declive abaixo. Para reduzir este problema, **nós utilizamos parcelas de 250 m, mas orientamos o eixo mais longo da parcela, chamado de linha central, ao longo da curva de nível altitudinal.** Isto reduz a heterogeneidade ambiental dentro da parcela, mas tem a desvantagem de a parcela não ter uma forma uniforme – ela serpenteia ao longo da linha central em segmentos lineares de 10 m. Portanto, a parcela é longa, captura suficientemente indivíduos da maioria das espécies e tem menos variação ambiental interna do que uma parcela convencional de um hectare (100 x 100 m) que, a não ser que seja estabelecida de forma tendenciosa, poderia ter um canto em solo arenoso na margem de um riacho e outro em solo argiloso acima.

A largura da parcela RAPELD depende da densidade do organismo em estudo, mas é sempre feita a menor possível por razões logísticas. Discutiremos a largura da parcela em relação a táxons específicos posteriormente, mas por conveniência, nesta seção vamos discutir a largura da maior parcela utilizada agora, 40 m para árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) maior que 30 cm. As parcelas RAPELD são extremamente fáceis de serem delimitadas e a linha central pode ser instalada por estudantes ou ajudantes com o mínimo de treinamento usando um clinômetro e uma fita métrica. A direção da bússola de cada segmento deve ser registrada, pois isso permite a plotagem precisa da

decision makers. While we have heard many biologists glibly state that they will analyze their data this way, we have yet to meet any that have actually done so.

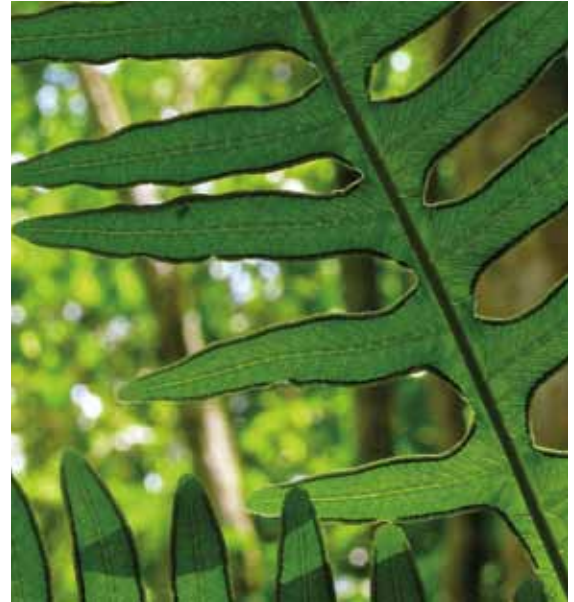
Long thin plots also have a lot of logistical advantages. It is much easier to measure short distances from a center line than to locate an organism within a plot with 100-m sides. However, the long plot will contain undesirably high variation in soils and terrain if oriented randomly or down slope. To reduce this problem, **we used a 250-m plot, but oriented the center line along**



- *Medição de circunferência de árvore com sapopema. Para compreender a dinâmica de crescimento das florestas tropicais e tomar medidas adequadas de manejo precisamos de longas séries temporais em diferentes locais e ambientes.*
- *Measuring the circumference of a tree with buttress roots. To understand the growth dynamics of tropical forests and take appropriate management actions we need long time series in different locations and vegetation associations.*

linha central em um mapa. Como a linha central segue o contorno de altitude, ela é horizontal e será vista como tendo 250 m de comprimento em um mapa ou imagem de satélite. A área tem que ser calculada individualmente para cada parcela e pode parecer estranho ter uma parcela padrão que varia um pouco em área. No entanto, a maioria das pessoas não se dá conta de que muitas parcelas mais convencionais não têm áreas horizontais fixas (distâncias vistas no mapa). Parcelas grandes (> 1 ha) geralmente são instaladas por topógrafos com teodolitos e sua área é determinada pela área do mapa. Porém, a maioria das parcelas com menos de 1 ha é instalada usando fitas métricas, e suas áreas de mapa são menores do que as áreas declaradas, que são áreas medidas no chão. Parcelas de 1 ha podem ser instaladas usando qualquer um dos métodos. Infelizmente, a maioria dos estudos não registra adequadamente seus metadados (Capítulo 7). Por isso, na maioria dos casos, não sabemos como as parcelas foram instaladas e, portanto, quais são os seus tamanhos reais.

As pequenas diferenças na área fazem diferença para a maioria dos estudos? Provavelmente não, mas em alguns casos a diferença pode ser importante. As distâncias a partir da linha central de parcelas RAPELD são horizontais e são medidas com a fita na horizontal, o que é viável por causa das pequenas distâncias em parcelas estreitas. Contudo, como também medimos a inclinação do terreno em 6 pontos ao longo da linha central da parcela, é possível estimar a área de chão contida na



- *Pteris pungens* na *Rebio do Uatumã*. Esta samambaia de sub-bosque ocorre em florestas densas sobre solos ricos em nutrientes. Parcelas longas e estreitas têm mais chances de interceptar diferentes habitats.
- *Pteris pungens* in *Uatumã Biological Reserve*. This understory fern occurs in dense forests on nutrient-rich soils. Long thin plots have more chance of intercepting different habitats.

the altitudinal contour. This reduces environmental heterogeneity within the plot, but has the disadvantage that the plot is not uniform in shape – it snakes along the contour line in straight-line segments of 10-m. Therefore, the plot is long, captures sufficient individuals of most species, and has less internal environmental variation than a conventional one hectare plot (100 x 100 m), which, unless located in a biased fashion, could have one corner in sandy soil on a stream bank, and another in clay soil on a ridge.

The width of the RAPELD plot depends on the density of the organism being studied, but is always made as small as possible for logistical reasons. We will discuss plot width in relation to specific taxa later, but for

parcela, sendo que a diferença pode ser de até 17% em terrenos apenas moderadamente irregulares, como na Reserva Ducke (Costa & Magnusson 2010). Diferenças nas áreas de mapa das parcelas RAPELD com diferentes formas sempre são muito menores que isso e, como são conhecidas, podem ser levadas em consideração nas análises.

Como as parcelas RAPELD tendem a ser internamente mais homogêneas, elas são extremamente úteis para modelar a distribuição de organismos em relação às variáveis ambientais medidas *in situ* ou derivadas de imagens de satélite (por exemplo, Castilho *et al.* 2006, Costa & Magnusson 2010). Parcelas que cruzam muitos gradientes ambientais tendem a ser mais variáveis internamente, o que reduz as diferenças entre parcelas que poderiam ter sido usadas para modelagem. No entanto, os valores médios para as variáveis medidas ao longo da paisagem em parcelas RAPELD, tais como biomassa arbórea acima do solo, são muito semelhantes àquelas medidas em parcelas quadradas (Castilho *et al.* 2006). A principal diferença é que há um pouco mais de variação entre parcelas RAPELD, pois em parcelas quadradas perde-se parte da variância causada por fatores ambientais.

“Enquanto estudos empíricos são cruciais, a modelagem tem desempenhado um papel central, já que muitos dos fenômenos ocorrem em escalas espaciais ou temporais que não são passíveis de estudo direto”, enfatizaram Ostfeld e Jones (2010). A amostragem aleatória, ou mesmo regular, não é viável

convenience, in this section we will discuss the largest plot width used so far, 40 m for trees with diameter at breast height (dbh) > 30 cm. RAPELD plots are extremely easy to delimit, and the center line can be installed by students or unskilled helpers using a clinometer and a measuring tape. The compass direction of each section should be recorded as this allows accurate plotting of the center line on a map. As the center line follows the altitudinal contour, the center line is horizontal and will be seen to be 250 m long on a map or satellite image. The area has to be calculated individually for each plot, and it may seem strange to have a standard plot that varies slightly in area. However, most people do not realize that most conventional plots do not have fixed horizontal (map) areas. Large plots (>1 ha) are usually installed by topographers with theodolites, and their given area is the map area. However, most plots smaller than 1 ha are installed using measuring tapes, and their map areas are smaller than the given areas, which are ground areas. One-hectare plots may be installed using either method. Unfortunately, most studies do not adequately record metadata (Chapter 7), so in most cases we do not know how the plots were installed and, therefore, what is their real size.

Do the small differences in area make a difference to most studies? Probably not, but in some cases the difference can be important. Distances from the center line in RAPELD plots are horizontal and are measured with the tape held horizontally, which is viable because of the small distances in the narrow plots. However, as we also measure the inclination across the plot at 6 points along the center line, it is possible to estimate the ground area contained within

em escalas relevantes para a maioria dos estudos ecológicos (Krebs 2010). É a variância entre parcelas que é usada para a modelagem e isso é importante na Amazônia e em outras regiões onde não é possível criar imediatamente uma rede densa de pontos de amostragem, seja aleatória ou regular. Por exemplo, unidades de conservação na Amazônia costumam cobrir mais de 200.000 ha e às vezes mais de um milhão de hectares. Instalar 10 módulos RAPELD padrão (± 100 ha para árvores de grande porte) ou duas parcelas CTFS completas (também de 100 ha) em uma reserva de 200.000 ha na Amazônia brasileira custaria cerca de US\$ 100.000,00 ou US\$ 1.000.000,00, respectivamente – um investimento bastante substancial considerando que a reserva cobrirá apenas cerca de 0,04% da Amazônia brasileira

the plot, and the difference can be up to 17% in only moderately undulating terrain, such as Reserva Ducke (Costa and Magnusson 2010). Differences in map areas of RAPELD plots of different forms are always much less than this and, as they are known, can be taken into account in analyses.

Because RAPELD plots tend to be more internally homogeneous, they are extremely useful to model distributions of organisms in relation to environmental variables measured *in situ* or derived from satellite images (e.g. Castilho *et al.* 2006, Costa and Magnusson 2010). Plots that cross many environmental gradients tend to be more variable internally, and this reduces the differences between plots that could have been used for modeling. However, mean values for variables measured across the landscape in RAPELD plots, such as above-



- *Acampamento temporário à beira de um riacho. As parcelas ripárias seguem as margens dos riachos, rios ou lagos e podem ser acessadas a partir das trilhas.*
- *Temporary camp on the margin of a stream. The riparian plots follow the margins of streams, rivers or lakes and can be accessed from the trails.*

e há mais de 300 unidades de conservação na Amazônia brasileira. As parcelas seriam apenas uma amostra de cerca de 0,05% dos 200.000 ha da reserva, uma intensidade de amostragem muito abaixo do que seria necessário para estimar médias com qualquer grau útil de precisão (Pielou 1984), mesmo se as parcelas fossem distribuídas aleatoriamente. **Dessa forma, é necessário extrapolar a partir de pequenas amostras enviesadas, o que só pode ser feito modelando a variação na biodiversidade entre parcelas em relação à variação nos preditores ambientais entre elas.**

Amostragem estratificada

No sentido de que a variação interna de solos e outras condições ambientais de parcelas individuais são restringidas pelo delineamento, as parcelas RAPELD são estratificadas. No entanto, às vezes uma estratificação muito maior é necessária para capturar características importantes da paisagem. Por exemplo, as zonas ripárias frequentemente possuem assembleias de espécies exclusivas (Sabo *et al.* 2005, Drucker *et al.* 2008, Bueno *et al.* 2012, Condrati 2009, Ribeiro 2010, Rojas-Ahumada & Menin 2010, Fraga *et al.* 2011). Na maior parte das paisagens, o número de zonas ripárias contidas dentro de parcelas uniformemente distribuídas é insuficiente para permitir análises efetivas. Portanto, **nós também instalamos parcelas ripárias sempre que uma trilha cruza um corpo de água.** As parcelas ripárias são semelhantes às parcelas

ground arboreal biomass, are very similar to those measured in square plots (Castilho *et al.* 2006). The principle difference is that there is slightly more between-plot variance for RAPELD plots because more of the variance due to environmental factors is hidden within square plots.

“While empirical studies are crucial, modeling has played a central role since many of the phenomena occur at spatial scales or over time frames that are not amenable to direct study”, as emphasized by Ostfeld and Jones (2010). Random sampling, or even regular, is not viable at scales relevant to most ecological studies (Krebs 2010). It is the between-plot variance that is used for modeling, and this is important in Amazonia, and other regions where it is not feasible to immediately create a dense network of random or regular sampling points. For example, conservation units in the Amazon usually cover more than 200,000 ha, and sometimes more than a million hectares. Installing 10 standard RAPELD modules (± 100 ha for large trees) or two full CTFS plots (also 100 ha) in a 200,000 ha reserve in the Brazilian Amazon would cost around US\$ 100,000 or US\$ 1,000,000, respectively – a very substantial investment considering that the reserve itself would cover only about 0.04% of the Brazilian Amazon, and there are more than 300 conservation units in the Brazilian Amazon. The plots would only sample about 0.05% of a 200,000-ha reserve, a sampling intensity far below what would be needed to estimate means with any useful degree of precision (Pielou 1984), even if the plots were distributed randomly. Therefore, **it is necessary to extrapolate from small biased samples, and that can only be done by modeling between-plot variation in biodiversity in**

padrão e uniformemente distribuídas, exceto pelo fato de elas seguirem as margens dos riachos, rios ou lagos, ao invés de seguir os contornos de altitude. Elas possuem 250 m de comprimento, composto por 25 segmentos lineares de 10 m que são limitados de tal forma que a distância mínima entre qualquer segmento e a margem do corpo d'água é de 1,5 m (veja mais detalhes em <http://ppbio.inpa.gov.br/instalacao/riparias>). O número de parcelas ripárias varia entre locais, mas as áreas ripárias são amostradas em proporção à sua ocorrência nos módulos e grades. Isso permite realizar comparações úteis das diversidades alfa e beta entre as paisagens.

As parcelas aquáticas em riachos de primeira a terceira ordem também são localizadas em pontos em que as trilhas cruzam os cursos d'água, resultando em uma amostragem proporcional à ocorrência na paisagem. A

relation to between-plot variation in environmental predictors.

Stratified sampling

In the sense that individual plots are constrained to lie within restricted variation in soils and terrain, RAPELD plots are stratified. However, sometimes much greater stratification is necessary to capture important landscape features. For instance, riparian zones often contain unique assemblages (Sabo *et al.* 2005, Drucker *et al.* 2008, Bueno *et al.* 2012, Condrati 2009, Ribeiro 2010, Rojas-Ahumada and Menin 2010, Fraga *et al.* 2011). In most landscapes too few riparian zones are contained within uniformly-distributed plots for meaningful analysis. Therefore, **we also install riparian plots wherever a trail crosses a water body**. Riparian plots are similar to uniformly-distributed plots, except that they follow banks of streams, rivers or lakes, rather than altitudinal contours. They are 250 m long, and have twenty five 10-m straight-line



- O bodó-cachimbo, *Rineloricaria lanceolata*. As parcelas aquáticas de 50 m são longas o suficiente para amostrar a maioria dos organismos aquáticos, como peixes, camarões, insetos e plantas aquáticas.
- The Whiptail Catfish, *Rineloricaria lanceolata*. The 50-m aquatic plots are long enough to sample most aquatic organisms, such as fish, shrimp, insects and water plants.

amostragem de pequenos riachos tem sido pesquisada extensivamente por Jansen Zuanon e colaboradores (Projeto Igarapés <http://www.igarapes.bio.br/>). As parcelas aquáticas em riachos se estendem por 50 m ao longo dos riachos (Mendonça *et al.* 2005). Parcelas maiores contêm mais espécies de peixes (Anjos & Zuanon 2007). Contudo, a variabilidade interna dentro de riachos de cabeceira é muito grande ao longo de 250 m. O curso d'água pode ter 2 m de largura ao cruzar a trilha, mas ter apenas alguns centímetros, ou estar completamente seco, 250 m acima. Como nas parcelas uniformemente distribuídas, minimizar a variação interna nos preditores ambientais maximiza a utilidade dos dados para a modelagem de habitats. A maioria dos organismos aquáticos amostrados até o momento (peixes, camarões, insetos aquáticos, macrófitas aquáticas) é abundante e o número capturado em um trecho de 50 m é suficiente para análises detalhadas (Lopes *et al.* 2008, Mendonça *et al.* 2005, Espírito-Santo *et al.* 2009, Dias *et al.* 2009).

Os protocolos de amostragem em grandes corpos d'água ainda estão em desenvolvimento, mas modificações simples dos métodos padrão frequentemente serão suficientes, dependendo do tamanho do corpo d'água (veja abaixo a seção do RAPELD marinho). Um importante aspecto de estudos de cursos aquáticos (ou correntes marítimas) é que as conexões tendem a ser dendríticas. Isso significa que os índices de conectividade convencionais podem não ser apropriados e isso afeta análises de autocorrelação espacial e estimativas

segments that are constrained such that the closest point of any segment is 1.5 m from the edge of the water body (for details see <http://ppbio.inpa.gov.br/instalacao/riparias>). The number of riparian plots varies among sites, but riparian areas are sampled in proportion to their occurrence in modules and grids, so meaningful comparisons of alpha and beta diversity among landscapes are possible.

Aquatic plots for first to third order streams are also located at points that the trails cross the watercourses, resulting in sampling in proportion to their occurrence in the landscape.

Sampling of small streams has been researched extensively by Jansen Zuanon and colleagues (Projeto Igarapés <http://www.igarapes.bio.br/>). Aquatic plots in streams extend only 50 m along the stream (Mendonça *et al.* 2005). Longer plots contain more species of fish (Anjos and Zuanon 2007). However, the internal variability within headwater streams is very large over 250 m. The watercourse may be 2 m wide where it crosses the trail, but be only a few centimeters wide, or completely dry 250 m upstream. As in uniformly-distributed plots, minimizing internal variation in environmental predictors maximizes the utility of the data for habitat modeling. Most aquatic organisms surveyed to date (fish, shrimp, aquatic insects, aquatic macrophytes) are abundant, and the number captured in a 50-m stretch is sufficient for detailed analysis (Lopes *et al.* 2008, Mendonça *et al.* 2005, Espírito-Santo *et al.* 2009, Dias *et al.* 2009).

Protocols for larger water bodies are still in development, but, depending on the size of the water body, simple modifications of standard methods will often be sufficient

dos efeitos relativos das variáveis ambientais e rotas de dispersão (Landeiro *et al.* 2011). Por estas razões, os modelos conceituais de distribuição de espécies podem ser muito diferentes dependendo da configuração da paisagem e do tipo de hábitat que elas ocupam.

Existem muitas outras associações que apenas podem ser investigadas com um delineamento estratificado (por exemplo, manchas de florestas no Pantanal, ilhas ou recifes de coral no oceano e manchas de bambus em alguns locais da Amazônia). Entretanto, existem fortes benefícios de amostrá-las em proporção às suas ocorrências na paisagem quando possível, assim como se amostra onde uma trilha RAPELD as cruza. Frequentemente, a estratificação é vista como a primeira opção em investigações biológicas, mas isso tem resultado em amostragens extremamente tendenciosas e, como mostrado por nossos exemplos, isto não é apenas um problema de baixa precisão, como Williams *et al.* (2002) sugeriram. A decisão de estratificar indica que sabemos a priori quais estratos existem, mas isso pode diferir entre organismos e nenhum sistema de estratificação será apropriado para toda a biodiversidade. Nós consideramos que a estratificação deve ser considerada uma segunda opção dentro de módulos e grades RAPELD. **Enquanto os maiores estratos são óbvios em imagens de satélite, não se deve ter como certo que os seus limites sejam significativos para a maior parte da biodiversidade.** Pelo contrário, os módulos devem ser replicados den-

(see section on marine RAPELD below). An important aspect of studies of water courses (or ocean currents) is that connections tend to be dendritic. This means that conventional connectivity indices may not be appropriate, and this affects analyses of spatial autocorrelation and estimates of the relative effects of environmental variables and dispersal routes (Landeiro *et al.* 2011). For these reasons, conceptual models for the distribution of species may be very different depending on the landscape configuration and the type of habitat that they occupy.

There are many other associations that can only be surveyed with a stratified design (e.g. forest patches in the Pantanal wetlands, islands or coral reefs in the sea, bamboo thickets in some places in the Amazon).



- O lagarto *Plica plica* ocorre em toda a Amazônia em florestas maduras tipicamente nos troncos e galhos das maiores árvores.
- The lizard *Plica plica* occurs throughout the Amazon in mature forests, typically on the trunks and branches of larger trees.

tro dos estratos, especialmente próximo às suas bordas, para determinar quais táxons reconhecem aqueles estratos. É surpreendente que alguns pesquisadores que depreciam o uso de substitutos recomendem o uso da estratificação. Aparentemente, eles não percebem que os estratos reconhecíveis em imagens de satélite estão entre os substitutos mais imprecisos e não testados usados na biologia da conservação (Magnusson 2004, Padial *et al.* 2010).

Perda de eficiência devido à falta de planejamento de integração

Mesmo quando o objetivo principal não é extrapolar além do local, a precisão da medição de variáveis ambientais é importante para se compreender os processos que ocorrem em estudos ecológicos de longa duração (por exemplo, Espírito-Santo 2009). Por causa dos argumentos dos pesquisadores que defendem somente estudos estritamente direcionados, nós tínhamos assumido que um delineamento padronizado não seria tão eficiente quanto os estudos convencionais para responder à maioria das questões, e os cientistas que trabalham com dados de museu criticaram o sistema, alegando que uma amostragem regular não encontraria espécies suficientes para suas análises biogeográficas. Por isso, ficamos surpresos que o delineamento RAPELD muitas vezes obteve respostas mais precisas às questões do que os estudos convencionais (por

However, there are strong benefits to sampling them in proportion to their occurrence in the landscape when this is possible, such as by sampling where RAPELD trails cross them. Stratification is often seen as a first option in biological surveys, but this has resulted in extremely biased sampling and, as shown by our examples, this is not just a problem of reduced precision, as suggested by Williams *et al.* (2002). The decision to stratify implies that we know a priori which strata do exist, but this may differ between organisms, and no system of stratification will be appropriate for all biodiversity. We believe that stratification should be considered as a second option within RAPELD modules and grids. **Where**



- O fungo *Staheliomyces cinctus* possui um corpo de frutificação efêmero, o que dificulta sua detecção. Baseado na literatura, esse táxon possui distribuição neotropical, mas estudos futuros podem revelar que se trata de um complexo de espécies.
- The fungus *Staheliomyces cinctus* has an ephemeral fruiting body, which makes their detection difficult. Based on publications, this taxon is found throughout the Neotropics, but further studies may reveal it to be a species complex.

exemplo, Kinupp & Magnusson 2005, Castilho *et al.* 2010, Mendonça *et al.* 2005). Aparentemente, a estratificação e o planejamento de estudos individuais utilizados na maioria dos estudos geralmente resultam em falsa precisão e em amostragens tendenciosas das paisagens, bem como na incapacidade de integrar as informações coletadas em estudos anteriores. Por exemplo, Gabriel Damasco do Vale, depois de discutir o projeto conosco e com outros especialistas, decidiu usar apenas parcelas sujeitas a inundações para estudar a vegetação de campinarana na grade RAPELD do Parque Nacional do Viruá (RR), pois estudos anteriores em torno de grandes rios haviam mostrado que a composição e a estrutura da vegetação em áreas inundadas são determinadas principalmente pela profundidade da água e que o número de espécies por parcela é inversamente proporcional à profundidade de inundação. Quando ele descobriu que no Parque Nacional de Viruá o número de espécies por parcela estava positivamente relacionado com a profundidade de inundação e que a composição de espécies estava mais relacionada ao tipo de solo do que à inundação, já era tarde demais para investigar mais parcelas e a estratificação *a priori* obviamente limitou as conclusões do estudo (Vale 2011a).

Os argumentos dos especialistas em dados de museu também não foram corroborados pelos dados. Goralewski (2008) mostrou que a metodologia RAPELD usando observadores relativamente inexperientes encontrou o dobro de espécies de anfíbios com o mesmo

larger strata are obvious on satellite images, it should not be taken for granted that their limits will be meaningful for most biodiversity.

Rather, replicate modules should be placed within strata, especially near their borders, to determine which taxa recognize those strata. It is surprising that some researchers who disparage the use of surrogates recommend the use of stratification. Apparently they do not realize that strata recognizable on satellite images are amongst the most imprecise and untested surrogates that are used in conservation biology (Magnusson 2004, Padial *et al.* 2010).

Losses in efficiency due to lack of planning for integration

Even when the primary objective is not to extrapolate beyond the site, precision of measurement of environmental variables is important to understand processes occurring in long-term ecological studies (e.g. Espírito-Santo 2009).

Because of the arguments of scientists who advocate only narrow directed studies, we had assumed that a standardized design would not be as efficient as conventional studies at answering most questions, and museum scientists criticized the system because they claimed that the regular sampling would not reveal sufficient species for their biogeographical analyses. Therefore, we were surprised that the RAPELD design often returned more precise answers to questions than conventional studies (e.g. Kinupp and Magnusson 2005, Castilho *et al.* 2010, Mendonça *et al.* 2005). Apparently, the stratification and other planning used in

esforço de campo que as investigações direcionadas realizadas por especialistas. A pesquisa de Condrati (2009) em uma grade RAPELD padrão na área de influência da Usina Hidrelétrica de Balbina encontrou 58 espécies de sapos, enquanto estudos muito mais extensos realizados por especialistas em uma área muito maior na mesma região, incluindo habitats obviamente distintos, encontraram apenas 48 espécies. Em geral, investigações de estudantes usando a metodologia RAPELD encontraram o mesmo número ou mais espécies de plantas por unidade de esforço que as investigações convencionais de especialistas (Costa *et al.* 2008). **Aparentemente, as vantagens da amostragem sistemática superam de longe as vantagens obtidas por especialistas usando amostragens estratificadas.**

Parcelas longas e estreitas são convenientes para estudar muitos organismos, tanto plantas quanto animais e fungos. As parcelas RAPELD têm sido usadas efetivamente para investigar organismos variando de bactérias a árvores. Isso permite a integração de dados de uma ampla gama de táxons amostrados nas mesmas unidades amostrais (Landeiro *et al.* 2012a,b) e nos permite mover da biologia para a biodiversidade. Discutiremos investigações com diferentes grupos no Capítulo 4; aqui iremos apenas notar que o RAPELD é o único sistema de monitoramento da biodiversidade que tem essa propriedade. Enquanto a amostragem e o monitoramento da maioria dos táxons em parcelas RAPELD podem ser feitos de modo rápido, econômico e de forma comparável, não é necessário investigar

most stand-alone studies generally results in biased sampling of landscapes and false precision, as well as the inability to integrate information collected in previous studies. For instance, Gabriel Damasco do Vale, after discussing the project with us and other specialists, decided to use only plots subject to flooding to study campinarana vegetation in the RAPELD grid in the Viruá National Park, because previous studies around large rivers had shown that vegetation composition and structure in inundated areas is determined principally by water depth, and the number of species per plot is inversely related to inundation depth. When he discovered that, in the Viruá National Park, the number of species per plot was positively related to inundation depth and the species composition was much more closely related to soil type than inundation, it was too late to survey more plots, and the inappropriate 'obvious' *a priori* stratification limited the conclusions of the study (Vale 2011a).

The arguments of the museum specialists were also not supported by the data. Goralewski (2008) showed that RAPELD methodology using relatively inexperienced observers encountered about twice as many species of amphibians for the same field effort as directed surveys by specialists. Surveys by Condrati (2009) in a standard RAPELD grid in the area of influence of the Balbina hydroelectric dam revealed 58 species of frogs, whereas much more extensive studies by specialists in a much greater area, including more obviously distinct habitats, had revealed only 48 species. In general, surveys by students using RAPELD methodology reveal as many or more species of plants per unit effort as conventional surveys by specialists (Costa *et al.* 2008).

todos os táxons desde o começo. Dados sobre diferentes grupos podem ser obtidos incrementalmente (Buckland *et al.* 2005) ou em resposta a financiamentos específicos para medir impactos de eventos raros (Lindenmayer *et al.* 2010). Muitas espécies de interesse são raras e o número de ocorrências insuficiente para uma modelagem efetiva. Contudo, em muitos casos os dados de espécies comuns amostradas dentro de um mesmo delineamento espacial podem ser usados em modelos hierárquicos para melhorar previsões acerca da distribuição de espécies raras (Ovaskainen & Soininen 2011). Sítios RAPELD fornecem o potencial – a concretização desse potencial requer

Apparently, the advantages of systematic sampling far outweigh the advantages obtained from stratified sampling by experts.

Long thin plots are convenient to study many organisms, including most plant, animal and fungus species. RAPELD plots have been used effectively to survey organisms ranging from bacteria to forest trees. This allows integration of data on a wide variety of taxa collected in the same sampling units (Landeiro *et al.* 2012a,b) and permits us to move from biology to biodiversity. We will discuss surveys of different groups in Chapter 4 and here we will just note that RAPELD is the only biodiversity-monitoring scheme that has this property. While sampling or monitoring



- Alunos medindo um trecho de uma parcela nova. As parcelas RAPELD podem ser instaladas a um baixo custo por pessoas capacitadas após breve treinamento, o que favorece a replicação de sítios de amostragem.
- Students measuring a segment of a new plot. RAPELD plots can be installed at low cost by assistants after brief training, which favors the replication of study sites.

suporte de agências financiadoras e da engenhosidade dos investigadores.

Quem instala sítios RAPELD e por quê?

Qualquer programa de monitoramento da biodiversidade em grande escala será útil apenas se ele puder ser implantado em uma ampla variedade de locais com diferentes realidades socioeconômicas (Buckland *et al.* 2005). Curtin (2010) declarou que “a aplicação do conhecimento é tanto uma questão de objetivos sociais, investimento e estrutura institucional, quanto uma questão científica”. Portanto, **temos que considerar quem irá instalar e manter a infraestrutura dos sítios de coleta**. Qualquer pesquisa em biodiversidade é cara se contarmos todos os custos, incluindo salários, treinamento, propriedade e proteção da terra, manutenção de coleções biológicas, custos de laboratório, etc. (Gardner 2010). Embora alguns desses custos possam ser sustentados por pessoas de grandes centros populacionais, ou até mesmo internacionais, a manutenção dos sítios de campo normalmente requer um grande compromisso das pessoas locais e não deve ser colocado um peso exagerado sobre elas. Discutiremos esses aspectos com mais detalhe no Capítulo 6, mas listaremos aqui algumas das partes interessadas que têm financiado a instalação de infraestrutura RAPELD para que possamos identificar alguns fatores-chave na integração desse sistema com o contexto político.

Lindenmayer e Likens (2010) reco-

of almost any taxa can be done quickly, economically and comparably in RAPELD plots, it is not necessary to survey all taxa at the outset. Data on different groups can be obtained incrementally (Buckland *et al.* 2005), or in response to specific funding to measure impacts of rare events (Lindenmayer *et al.* 2010). Many species of interest are rare, and the number of occurrences insufficient for effective modeling. However, in many cases, data from common species sampled within the same spatial design can be used in hierarchical models to improve predictions about the distributions of rare species (Ovaskainen and Soininen 2011). RAPELD sites provide the potential – realizing that potential requires support from funding agencies and the ingenuity of investigators.

Who installs RAPELD sites and why?

Any large-scale biodiversity-monitoring program will only be useful if it can be implemented in a wide variety of locations with very different socio-economic realities (Buckland *et al.* 2005). Curtin (2010) stated that “Application of knowledge is as much a matter of societal goals, investment, and institutional structure as it is a scientific issue.” Therefore, **we have to consider who will install and maintain the infrastructure in field sites**. Any biodiversity research is expensive if we tally all of the costs, including salaries, training, land ownership and protection, maintenance of biological collections, laboratory costs, etc. (Gardner 2010). While some of these costs can be borne by people in larger population centers, or even internationally, maintenance of field sites normally requires

nheceram o “monitoramento passivo ou por curiosidade”, o “monitoramento por exigência” e o “monitoramento guiado por questões”. É discutível se estes termos categorizam os tipos de monitoramento, porque todos os esquemas de monitoramento podem ter aspectos dos três. Gardner (2010) reconheceu um sistema complementar de “monitoramento de implementação”, “monitoramento de eficácia” e “monitoramento de validação”. No entanto, as categorias de Lindenmayer e Likens (2010), possivelmente, refletem diferentes atores dentro do sistema. É provável que a pesquisa guiada pela curiosidade seja feita por cientistas de disciplinas específicas e pelo público em geral. Pesquisa por exigência é feita pelo governo sob pressão da opinião pública e pesquisas guiadas por questões são feitas por todos, embora talvez nem todos usem as equações estruturais específicas defendidas por alguns pesquisadores. **Como os políticos geralmente estão tomando decisões sobre o uso da terra, eles geralmente requerem dados sobre a complementaridade biótica.** Embora eles não usem este termo, eles formulam seus discursos em termos de custos e benefícios e querem informações que lhes permitam tomar decisões transparentes e com base na quantidade de recursos que irá sobrar caso eles destinem certas porções específicas de terra para determinados tipos de usos. É por isso que, quando exigem o monitoramento, eles geralmente o demandam sistematicamente na área sobre a qual eles têm responsabilidade, como um município,

a large commitment by local people, and should not put an unrealistic burden on them. We will discuss these aspects in more detail in Chapter 6, but here we will list some of the stakeholders who have financed installation of RAPELD infrastructure so that we can identify a few key players in integrating the system into the political framework.

Lindenmayer and Likens (2010) recognize “curiosity or passive monitoring”, “mandated monitoring” and “question-driven monitoring”. It is debatable whether these terms categorize types of monitoring



- *Obtenção de dados em campo sobre ervas de sub-bosque. Além de permitir a calibragem de ferramentas de sensoriamento remoto, o acúmulo de dados coletados em campo permitirá a elaboração de mapas com medidas diretas sobre a biodiversidade.*
- *Obtaining field data on understory herbs. Besides allowing the calibration of remote sensing tools, the accumulation of data collected in the field will allow the production of maps with direct measurements of biodiversity.*

um estado ou um país. Discutiremos os diferentes atores com mais detalhes no Capítulo 6. Aqui vamos considerar apenas alguns participantes-chave em relação ao problema da obtenção de uma boa cobertura, complementando os muitas vezes custosos e burocráticos monitoramentos por exigência com os monitoramentos por outros atores.

O planejamento sistemático da conservação (Margules & Pressey 2000, Margules *et al.* 2002) geralmente requer informação sobre a distribuição espacial dos recursos que possa ser convertida em camadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), de forma que elas possam ser importadas para um programa que apoia a tomada de decisões, como o ‘Marxan with zones’ (Watts *et al.* 2009). A maioria dos sistemas de SIG faz uma série de interpolações (estimativa de valores para pontos intermediários com base em pontos da vizinhança), pois é impossível ter medidas para todos os pontos da Terra. A qualidade dessa interpolação depende da densidade e distribuição dos pontos que de fato foram investigados. **As medidas de biodiversidade que requerem medidas sobre a presença de organismos raramente podem ser usadas para criar camadas de SIG informativas e é por isso que a maior parte do planejamento de conservação é baseada em substitutos não testados** que são derivados de sensoriamento remoto (Padial *et al.* 2010, Caro 2010, Lourival *et al.* 2009, 2011). Até mesmo o sensoriamento remoto geralmente envolve uma grande quantidade de interpolação,

because all monitoring schemes can have aspects of all three, and Gardner (2010) recognized a complementary system of “implementation monitoring”, “effectiveness monitoring”, and “validation monitoring”. However, Lindenmayer’s and Likens’ (2010) categories possibly reflect different actors within the system. Curiosity driven research is likely to be done by scientists from specific disciplines and the general public. Mandated research is done by government under public pressure, and question-driven research is done by everybody, though perhaps not using the specific structural equations advocated by some researchers. **As politicians are usually making decisions about the land use, they generally require data on biotic complementarity.** Although they would not use that term, they will phrase their questions in terms of costs and benefits, and want information that allows them to make transparent decisions based on the quantity



- *O sapo Atelopus spumarius pode ser encontrado nas margens de riachos da Amazônia, mas na Reserva Ducke só foi encontrado na parte leste.*
- *The frog Atelopus spumarius can be found on the banks of streams throughout the Amazon, but in Reserve Ducke it is only found in the eastern watershed.*

como quando estimamos o valor médio para uma região com base em muitas leituras individuais de pixels pequenos (DeFries *et al.* 2010). Mesmo quando usamos investigações de campo apenas para validar ou calibrar as informações de sensoriamento remoto, a qualidade das análises está bem relacionada com a densidade e distribuição dos levantamentos (Lund *et al.* 1998, Turner 2011). Nas seções seguintes assumiremos que as investigações de campo para o planejamento da conservação inicialmente são usadas apenas para calibrar as ferramentas de sensoriamento remoto, mas conforme a quantidade de dados aumentar elas eventualmente permitirão a produção de camadas de SIG com base em medidas diretas da biodiversidade.

A instalação do primeiro sítio RAPELD na Reserva Ducke provavelmente pode ser caracterizada como uma pesquisa guiada pela curiosidade. A Reserva Ducke é administrada pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Nós estávamos curiosos para saber se seria possível desenvolver um sistema integrado de monitoramento, estávamos curiosos para saber sobre processos ecológicos que só podem ser estudados em sítios de pesquisas ecológicas de longa duração, e para saber se a biodiversidade na reserva estava sendo impactada pelos adensamentos humanos diferentes em cada lado da reserva. Nós justificamos o financiamento para esses estudos alegando que a reserva precisava de um plano de manejo e que isso envolvia estabelecer zonas dentro da reserva. Honestamente, nós realmente não esperávamos que esta

of recourses that will remain if they commit specific parcels of land to certain uses. That is why, when they mandate monitoring, they usually mandate it systematically over the area for which they have responsibility, such as a municipality, a state, or a country. We will discuss different actors in more detail in Chapter 6. Here we will just consider a few key players in relation to the problem of obtaining good coverage by complementing costly, and often bureaucratic, mandated monitoring with monitoring by other actors.

Systematic conservation planning (Margules and Pressey 2000, Margules *et al.* 2002) usually requires information on the spatial distribution of the resources that can be converted into a Geographic Information System (GIS) layer, so that it can be imported into a program that supports decision making, such as MARXAN with zones (Watts *et al.* 2009). Most GIS systems do a lot of interpolation (estimation of values for intermediate points based on neighboring points), because it is impossible to have measures of all variables for all points on the Earth. The quality of this interpolation depends on the density and distribution of points actually surveyed. **Measures of biodiversity that require on-the-ground direct measures of organisms can rarely be used to create informative GIS layers, and this is why most conservation planning is based on untested surrogates derived from remote sensing** (Padial *et al.* 2010, Caro 2010, Lourival *et al.* 2009, 2011). Even remote sensing usually involves a great deal of interpolation, such as when we estimate the average value for a region based on many individual readings from smaller pixels (DeFries *et al.* 2010). Even when we only use

pequena reserva, que parece homogênea em imagens de satélite, realmente precisava de zoneamento em relação a qualquer coisa além das pressões humanas externas, mas mesmo assim convencemos muitas agências de financiamento a apoiar a instalação da infraestrutura RAPELD para investigar a distribuição da biodiversidade.

Nossa primeira lição foi perceber que não poderíamos ter estado mais errados. **A infraestrutura padronizada nos permitiu mostrar que os lados leste e oeste da Reserva Ducke diferem em características da água, em densidade de árvores, em assembleias de anfíbios e em muitos outros aspectos relacionados à biodiversidade e a processos ecológicos** (Oliveira *et al.* 2008). A amostragem padronizada foi fundamental para nos levar a reavaliar nossa suposição de que a biodiversidade deve ser homogênea em estratos que parecem homogêneos em imagens de sensoriamento remoto e também para decidir que a biodiversidade deve ser utilizada como um critério para o zoneamento da reserva. O status da reserva não é seguro e há muitos usos alternativos para a terra. A Reserva Ducke é agora a mancha mais intensamente estudada de floresta tropical na América do Sul (Pitman *et al.* 2011a) e fomos convidados a usar nossos dados para mostrar a importância da reserva. No entanto, nossos dados não foram suficientes para isso. O valor da reserva para conservação seria muito maior se ela contivesse espécies ou assembleias não encontradas em outras unidades de conservação na região.

field surveys to validate or calibrate remote sensing information, the quality of the analyses is closely related to the density and distribution of the on-the-ground surveys (Lund *et al.* 1998, Turner 2011). In the following sections, we will assume that field surveys for conservation planning are initially to be used to calibrate remote sensing tools, but that increases in coverage will eventually allow production of GIS layers based on direct measures of biodiversity.

Installation of the first RAPELD site in Reserva Ducke can probably be characterized as curiosity-driven research. Reserva Ducke is administered by the National Institute for Amazonian Research (INPA). We were curious as to whether it would be possible to develop an integrated system for biodiversity monitoring, we were curious about the sorts of ecological processes that can only be studied in long-term ecological research sites, and we were curious as to whether biodiversity in the reserve was being impacted by the different human densities on each side of the reserve. We justified the funding for these studies by claiming that the reserve needed a management plan, and that this involved establishing zones within the reserve. To be honest, we did not really expect that this small reserve, which appeared homogeneous on satellite images, really needed zoning in relation to anything but human pressures from outside, but nonetheless we convinced many funding agencies to support the installation of the RAPELD infrastructure to investigate the distribution of biodiversity.

Our first lesson was that we could not have been more wrong. **Standard infrastructure allowed us to show that the eastern and western sides of the reserve differ in water**



- *A cobra Imantodes cenchoa. Assim como muitas espécies de grandes mamíferos e aves, as cobras possuem baixa detectabilidade e estão entre as espécies mais caras a serem monitoradas em florestas tropicais.*
- *The snake Imantodes cenchoa. As with many species of large mammals and birds, snakes have low detectability, and are among the most expensive species to be monitored in tropical forests.*

Entretanto, com a possível exceção das plantas lenhosas, não existem dados comparáveis e disponíveis para outras reservas e não podemos avaliar a sua singularidade. Outras reservas, como o Parque Nacional do Viruá e a Reserva Biológica do Uatumã, que são geridos pelo Instituto brasileiro Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), enfrentaram questões semelhantes e, por isso, instalaram infraestrutura RAPELD como a da Reserva Ducke. Mesmo as decisões de gestão mais simples exigiam que pudéssemos avaliar a complementaridade entre as potenciais zonas dentro das reservas e a complementaridade entre as reservas e outras unidades de uso da terra na região.

A opinião pública exige que o corte seletivo de madeira deva ser sustentável

quality, tree density, amphibian assemblages, and many other aspects related to biodiversity and ecological processes (Oliveira *et al.* 2008).

Standardized sampling was critical to cause us to re-evaluate our assumption that biodiversity must be homogeneous in strata that appear homogeneous on remote-sensing images, and to decide that biodiversity should be used as a criterion for reserve zoning. The status of the reserve is not secure, and there are many alternative uses for the land. Reserva Ducke is now the most intensively studied patch of tropical forest in South America (Pitman *et al.* 2011a), and we were called upon to use our data to show the importance of the reserve. However, our data were not sufficient for this. The value of the reserve for conservation would be much greater if it contained species or assemblages not found in other conservation units in the region. However, with the possible exception of woody plants, no comparable data are available for other reserves, and we cannot evaluate its uniqueness. Other reserves, such as the Viruá National Park, and the Uatumã Biological Reserve, which are managed by the Brazilian Chico Mendes Conservation Institute (ICMBio) faced similar questions, and they installed RAPELD infrastructure identical to that in Reserva Ducke. Even the most simple management decisions required that we could evaluate complementarity between potential zones within reserves and complementarity between reserves and other land-use units in the region.

Public opinion demands that tropical forestry should be sustainable, and certification programs exist for wood products so that consumers are confident that the timber was obtained responsibly (Gardner

e existem programas de certificação de produtos madeireiros para que os consumidores estejam certos de que a madeira foi obtida de forma responsável (Gardner 2010). Contudo, esses programas só protegem os recursos madeireiros e os direitos das populações locais, de modo que não há nenhum mecanismo explícito que garanta que a biodiversidade em geral não esteja sendo degradada. Quando o Serviço Florestal Brasileiro (SFB) alocou grandes áreas da Amazônia para concessões florestais, eles almejavam um sistema que lhes permitisse monitorar a biodiversidade. O SFB adotou o sistema RAPELD, que permite a comparação entre as zonas dentro das concessões e entre concessões. Porém, as áreas 'controle' não utilizadas para extração de madeira dentro das concessões são contíguas às áreas com extração e possivelmente são afetadas pelo desmatamento, mesmo que nenhuma árvore seja cortada diretamente dentro dessas áreas. Além disso, elas são escolhidas geralmente por razões logísticas e muitas vezes não são representativas da paisagem. Parcelas convencionais 'controle' de 1 ha em operações de silvicultura são ainda menos independentes dos efeitos da exploração madeireira no entorno. As alterações climáticas vão, sem dúvida, afetar todas as partes da Terra em um futuro próximo (Pachauri & Reisinger 2007). A perda de biodiversidade em todas as áreas de concessão florestal não indicaria, necessariamente, um efeito do corte seletivo da madeira. No entanto, se monitoramentos comparáveis estiverem disponíveis a partir de reservas para conservação administra-

2010). However, these programs only protect the timber resources and the rights of the local people and there is no explicit mechanism to ensure that biodiversity in general is not being degraded. When the Brazilian Forestry Service (SFB) allocated large areas of the Amazon for forestry concessions, it sought a system that would allow it to monitor biodiversity. The SFB adopted the RAPELD system, which allows comparison between zones within concessions, and among concessions. However, the unharvested 'control' areas within concessions are contiguous with harvested areas, and are possibly affected by logging, even though no trees are cut directly within them. Also, they are usually chosen for logistical reasons, and are often not representative of the landscape. Conventional 1-ha 'control' plots in forestry operations are even less independent of the effects of surrounding logging. Climate change will undoubtedly affect all parts of the earth in the near future (Pachauri and Reisinger 2007). Biodiversity loss in all forestry concessions would not necessarily indicate an effect of forestry. However, if comparable monitoring is available from conservation reserves administered by the ICMBio, it will be possible to distinguish forestry effects from other large-scale human influences. That is, it will be necessary to evaluate complementarity of effects.

The Environmental Licensing Division (DILIC) of the Brazilian Environmental Agency (IBAMA) is responsible for soliciting environmental impact statements (EIS) and mandating monitoring for federal infrastructure projects (Koblitz *et al.* 2011). The EIS phase is usually short, and the effect on biodiversity is only one of the impacts that need to be evaluated. On-the-ground

das pelo ICMBio, será possível distinguir os efeitos da exploração florestal de outras influências humanas em grande escala. Ou seja, será necessário avaliar a complementaridade dos efeitos.

A Diretoria de Licenciamento Ambiental (DILIC) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) é responsável por solicitar estudos e relatórios de impacto ambiental (EIA/RIMA) e demandar o monitoramento para projetos de infraestrutura federal. A fase do EIA geralmente é curta e os efeitos sobre a biodiversidade representam apenas uma parte dos impactos que devem ser avaliados. Estudos da biodiversidade *in loco* nesta fase geralmente não são muito produtivos e eventualmente a presença de biólogos que possam dar opiniões gerais é mais importante que os dados gerados. No entanto, **se essas pesquisas utilizassem infraestrutura padronizada, elas poderiam servir como medidas das condições iniciais para um monitoramento posterior e também contribuir com dados para análises de complementaridade necessárias para outros usuários.** Os analistas da DILIC, portanto, decidiram que o sistema RAPELD deveria ser utilizado como parte da fase de EIAs, bem como para monitoramento posterior. A obrigação de monitorar associada com a avaliação de impactos é muito eficaz para a expansão da cobertura de sítios de pesquisas ecológicas de longa duração. Um país grande, como o Brasil, exige que o equivalente a dezenas de milhões de dólares americanos sejam gastos todo



- *Veado morto por um caçador no Rio Curuá-Una. Embora intensamente caçados, os veados permanecem comuns na Amazônia. O valor de um recurso depende da sua disponibilidade. Se é raro, tem mais peso na tomada de decisões sobre o uso da terra.*
- *Deer killed by a hunter in Rio Curuá-Una. Although heavily hunted, deer remain common throughout the Amazon. The value of a resource depends on its availability. If it is rare, it will be given more weight in decisions about land use.*

biodiversity studies in this phase are often not very productive and it seems that the presence of biologists who can give general opinions is more important than the data generated. However, **if these surveys use standard infrastructure, they can serve as measures of initial conditions for subsequent monitoring and also contribute data for complementarity analyses required by other users.** DILIC analysts therefore decided that RAPELD system should be used as part of the EIS phase, as well as for subsequent monitoring. Mandated monitoring associated with evaluation of impacts is very effective for expanding coverage of long-term ecological sites. A large country, such as Brazil, requires

ano em EIAs e em programas de monitoramento de infraestruturas de grande porte. Até agora, este investimento tem proporcionado muito pouco em relação às questões originais e praticamente nenhum dos dados originais está disponível para estudos de longa duração. Talvez essas atividades baseadas em questões extremamente direcionadas sejam o exemplo mais gritante do uso ineficiente de recursos públicos, tanto no Brasil como em outros países, como os EUA e a Austrália, que possuem legislação ambiental rigorosa.

Um dos problemas mais desconcertantes com dados coletados em levantamentos biológicos em áreas a serem afetadas com o desenvolvimento de infraestrutura é que o valor para os tomadores de decisão é quase independente da qualidade das pesquisas realizadas na área a ser afetada. O PPBio e o CENBAM ofereceram vários cursos sobre tomada de decisões ambientais e os analistas da DILIC estão começando exigir que os relatórios de EIA reportem os efeitos sobre a bacia hidrográfica, o município, o estado, o bioma e o país. Isto é, **a informação deve ser disponibilizada de forma que possa ser utilizada pelos tomadores de decisão em todos os níveis da hierarquia política** (Monjeau 2010).

Curtin (2010) afirmou que “os objetivos da colaboração são identificar a escala espacial em que os processos ecológicos e econômicos operam em conjunto e desenvolver modelos realistas sobre aquelas escalas para orientar a gestão eficaz dos recursos naturais”. A questão que surge é saber como avaliar

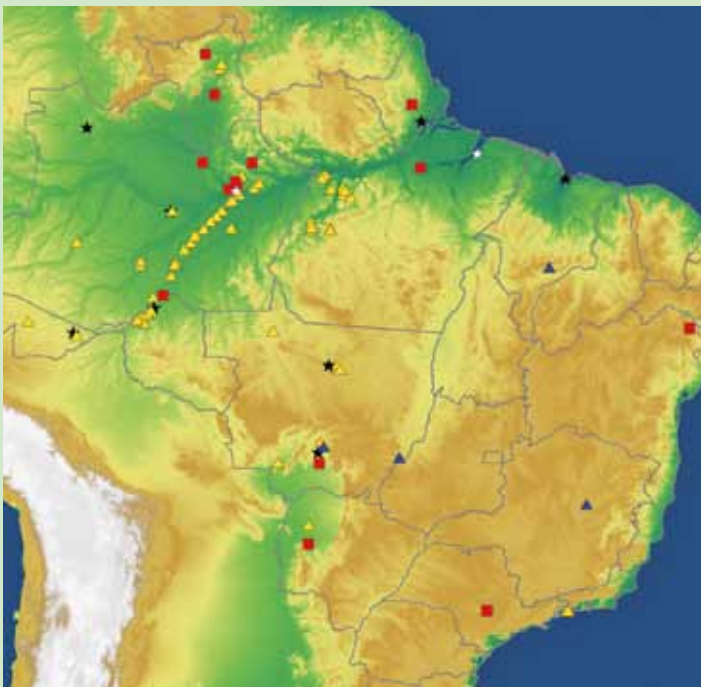
that the equivalent of tens of millions of US dollars is spent every year on EIS and monitoring of large infrastructure programs. To date, this investment has provided very little in relation to the original questions, and virtually none of the original data are available for long-term studies. These extremely question-based activities are perhaps the most glaring example of inefficient use of public funds, in Brazil, and in other countries, such as the USA and Australia, with strong environmental legislation.

One of the most perplexing problems with data collected in biological surveys of areas to be affected by infrastructure development is that the value to decision makers is almost independent of the quality of the research undertaken in the immediate area to be affected. The PPBio and CENBAM ministered several courses in environmental decision making, and DILIC now requires that EISs report effects on the local catchment, the municipality, the state, the biome and the country. That is **the information should be made available in a form that can be used by decision makers at all levels of the political hierarchy** (Monjeau 2010).

Curtin (2010) stated “The goals of the collaboration are to identify the spatial scale on which coupled ecological and economic processes operate, and to develop realistic models on those scales to guide effective natural resource management.” The question arises as to how to evaluate effects at different scales if comparable information is not available from other areas, especially areas in conservation reserves. Krebs (2010) stated “By diversifying one’s observations at a variety of places, we can minimize the probability of failing to see and include a

efeitos em diferentes escalas quando informações comparáveis não estão disponíveis para outras áreas, especialmente em unidades de conservação. Krebs (2010) afirmou que “ao diversificar as observações em uma variedade de lugares, podemos minimizar a probabilidade de não ver e não incluir uma variável relevante. Diversificar significa a realização de estudos semelhantes em vários lugares diferentes”. A economia ambiental tem muitos aspectos em comum com a economia convencional (Daly & Farley 2011). O valor de um recurso aumenta com a sua raridade. Portanto, a questão que desafia tomadores de decisão não é “quantos recursos vamos perder”, mas

relevant variable. Diversifying means carrying out similar studies in several different places.” Environmental economics has many aspects in common with conventional economics (Daly and Farley 2011). The value of a resource increases with its rarity. Therefore, the question facing decision makers is not “how much resource will we lose” but “what proportion of the available resource will we lose”. If much of the biodiversity resources will remain after infrastructure development, the cost is low. If most of the resource will be lost, the cost may be unacceptable to the public. This is another way of treating complementarity. **When a resource is rare, those areas that have it will have high complementarity**



Sítios RAPELD no Brasil

O PPBio e parceiros já possuem mais de 70 grades e módulos instalados pelo Brasil. A infraestrutura instalada em cada um deles é baseada no sistema RAPELD.

RAPELD sites in Brazil

The PPBio and partners have installed more than 70 grids and modules in Brazil. The infrastructure installed in each site is based on the RAPELD system.

- Grade PPBio | PPBio Grid
- ▲ Módulo PPBio | PPBio Module
- ▲ Módulo ComCerrado | ComCerrado Module
- ☆ Núcleo Executor PPBio | PPBio Executor Hub
- ★ Núcleo Regional PPBio | PPBio Regional Hub

“qual proporção dos recursos disponíveis vamos perder”. Se a maior parte dos recursos da biodiversidade permanecerá após o desenvolvimento da infraestrutura, o custo é baixo. Se a maioria dos recursos será perdida, o custo pode ser inaceitável para o público. Esta é outra maneira de tratar a complementaridade. **Quando um recurso é raro, aquelas áreas que o possuem terão alta complementaridade com outras áreas e devem ser conservadas sempre que possível.** Quando o recurso é espacialmente abundante, não vai contribuir para a complementaridade e deve ter pouco peso na tomada de decisões sobre o uso da terra.

with other areas, and should be conserved where possible. When the resource is spatially abundant, it will not contribute to complementarity, and should have little weight in decision making about land-use.

Environmental impact statements now account for most of our investment in biodiversity research, and private industry complains that the costs far outweigh the benefits because results are not used in any systematic way. How then can we expect companies to pay for the studies outside their specific areas? They can use remote sensing (DeFries *et al.* 2010, Turner 2011), but installation of many standardized biodiversity-monitoring sites for on-the-ground studies is beyond any reasonable expectation in



- *A Onça-pintada, Panthera onca. Os estudos de impacto ambiental representam a maioria dos investimentos em nossas pesquisas de biodiversidade no Brasil, mas é preciso integrar os resultados de forma sistemática.*
- *The Jaguar, Panthera onca. Environmental impact studies represent the majority of our investments in biodiversity research in Brazil, but it is necessary to integrate the results in a systematic way.*

Estudos de impacto ambiental representam agora a maioria dos investimentos em nossas pesquisas de biodiversidade e a indústria privada reclama que os custos superam os benefícios, pois os resultados não são usados de forma sistemática. Como podemos esperar então que as empresas paguem pelos estudos fora de suas áreas específicas? Eles podem usar sensoriamento remoto (DeFries *et al.* 2010, Turner 2011), mas a instalação de muitos sítios padronizados de monitoramento da biodiversidade para estudos *in loco* está além de qualquer expectativa razoável em um mundo competitivo onde a biodiversidade tem pouco valor para a maioria das pessoas. Organizações de pesquisa, instituições responsáveis pela manutenção de parques e reservas, serviços florestais e divisões do governo responsáveis por todos os licenciamentos requerem informações sobre a complementaridade, mas nenhum deles têm recursos para realizar todos os estudos. No entanto, se eles puderem colaborar e chegar a um acordo sobre um conjunto mínimo de infraestruturas, uma rede muito grande de sítios de pesquisa pode ser criada de forma relativamente rápida e é isso que vem acontecendo com o RAPELD. Muitos sítios foram criados no Brasil, dentro e fora da Amazônia. Talvez cada um perca um pouco por investir parte de seus recursos em uma infraestrutura padronizada, mas todos ganham, porque as **decisões de gestão podem ser feitas com base em conjuntos de dados que não poderiam ser coletados por qualquer organização individual**. É claro que a infraestrutura de campo não

a competitive world in which biodiversity has little value for most people. Research organizations, institutions responsible for maintaining parks and reserves, forestry departments, and government divisions responsible for licensing all require information on complementarity, but none has the finances to carry out all the studies. However, if they can collaborate and agree on a minimum set of infrastructure, a very large network of sites can be created relatively quickly, and that is what has been happening with RAPELD. Many sites have been established within Brazil, within and outside the Amazon. Perhaps everyone loses a little bit by investing part of their resources in standardized infrastructure, but everyone gains because **management decisions can be made based on data sets that could not be collected by any one organization**. Of course, field infrastructure is not enough by itself, and a much larger network, such as the PPBio, is necessary to ensure training (see Chapter 6) and to make the data freely available (Chapter 7).

RAPELD infrastructure has been installed and used successfully in Amazonian rainforests, savannas and white-sand forests, in an agricultural landscape in southeastern Brazil, and in the Pantanal wetlands. In Australia it has been established in eucalypt forests, brigalow, coastal wallum, and mulgalands, and in Nepal it is being used in riparian and sal forests. In principle, it should be useful in any area where the objective is to describe or monitor biodiversity across landscapes, even in the sea. We know virtually nothing about the Gulf of Mexico before BP's Deepwater Horizon oil rig exploded (Reichman *et al.* 2011). If RAPELD modules

é suficiente por si só, sendo necessária uma rede de trabalho muito maior, como o PPBio, para garantir o treinamento (ver Capítulo 6) e produzir dados disponíveis livremente (Capítulo 7).

A infraestrutura RAPELD tem sido instalada e usada com sucesso na Amazônia em florestas, savanas e campinas, em uma paisagem agrícola no sudeste do Brasil e nas planícies de inundação do Pantanal. Na Austrália, foi estabelecida em florestas de eucalipto, florestas de acácia dominadas por *Acacia harpophylla*, restingas dominadas por *Bankia aemula* e regiões semiáridas dominadas por *Acacia aneura*, enquanto no Nepal está sendo utilizada em matas ciliares e florestas de Sal (*Shorea robusta*, Dipterocarpaceae). Em princípio, o RAPELD pode ser útil em qualquer área onde o objetivo seja descrever ou monitorar a biodiversidade na paisagem e até mesmo no mar. Não sabíamos praticamente nada sobre o Golfo do México antes da explosão da plataforma de petróleo da Deepwater Horizon (Reichman *et al.* 2011). Se os módulos RAPELD tivessem sido instalados anteriormente nós saberíamos muito mais sobre a extensão dos danos. Alguém deveria estar monitorando, mesmo não sabendo se haveria um desastre de derramamento de óleo, perda de zonas úmidas, alterações climáticas ou algum outro efeito? Acreditamos que sim e os usuários, incluindo companhias de navegação, as frotas de pesca e a indústria petrolífera, poderiam facilmente ter custeado os baixos custos em relação aos enormes lucros que são obtidos na área, mas com potencial prejuízo para



- Gestores de reservas estão estudando como adaptar o sistema RAPELD ao ambiente marinho em São Sebastião (São Paulo). O RAPELD pode ser útil em qualquer área onde o objetivo é descrever ou monitorar a biodiversidade. A infraestrutura está sendo implementada com sucesso em florestas, savanas, paisagens agrícolas, planícies de inundação e até pode ser usada no mar.
- Reserve managers are considering to adapt the RAPELD system to the marine environment in São Sebastião (State of São Paulo). The RAPELD can be useful in any area where the objective is to describe or monitor biodiversity. The infrastructure is being successfully implemented in forests, savanas, agricultural landscapes, flood plains and could even be used in the sea.

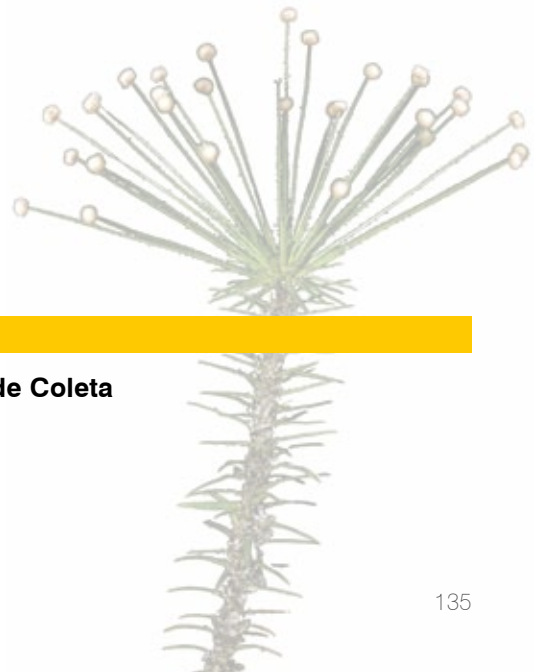
had been installed beforehand, we would now know much more about the extent of damage. Should someone have been monitoring, even though they did not know whether a disaster might be due to an oil spill, loss of wetlands and freshwater inputs into the gulf, climate change, or something else? We believe they should have, and users, including shipping companies, fishing fleets, and the oil industry could have easily borne the tiny costs in relation to the huge profits that are made in the area at the potential cost to the environment. Lindenmayer *et al.* (2010) called for support to evaluate the effects of unexpected disasters after they occur. This reactionary

o meio ambiente. Lindenmayer *et al.* (2010) pediram apoio para avaliar os efeitos de desastres inesperados depois que eles ocorrem. Esta estratégia reacionária tem seus benefícios, mas os **benefícios poderiam ser muito maiores se tivéssemos uma rede de sítios de pesquisa com infraestrutura padronizada para fornecer dados sobre as condições anteriores aos desastres.** Com a mudança climática acontecendo em ritmo sem precedentes (Pachauri & Reisinger 2007), não temos que perguntar onde e se catástrofes irão ocorrer – a única dúvida é quando vão acontecer. Se os custos de monitoramento podem ser divididos entre uma vasta gama de partes interessadas, com intervenção governamental apenas em relação ao treinamento, a disponibilização de dados e monitoramento obrigatório já existente, todo mundo ganha e o monitoramento se torna mais relevante para todos os cidadãos preocupados e a uma fração do custo atualmente gasto com monitoramento obrigatório improdutivo e com pesquisas direcionadas a questões de pouca relevância para a maioria dos cidadãos. ■

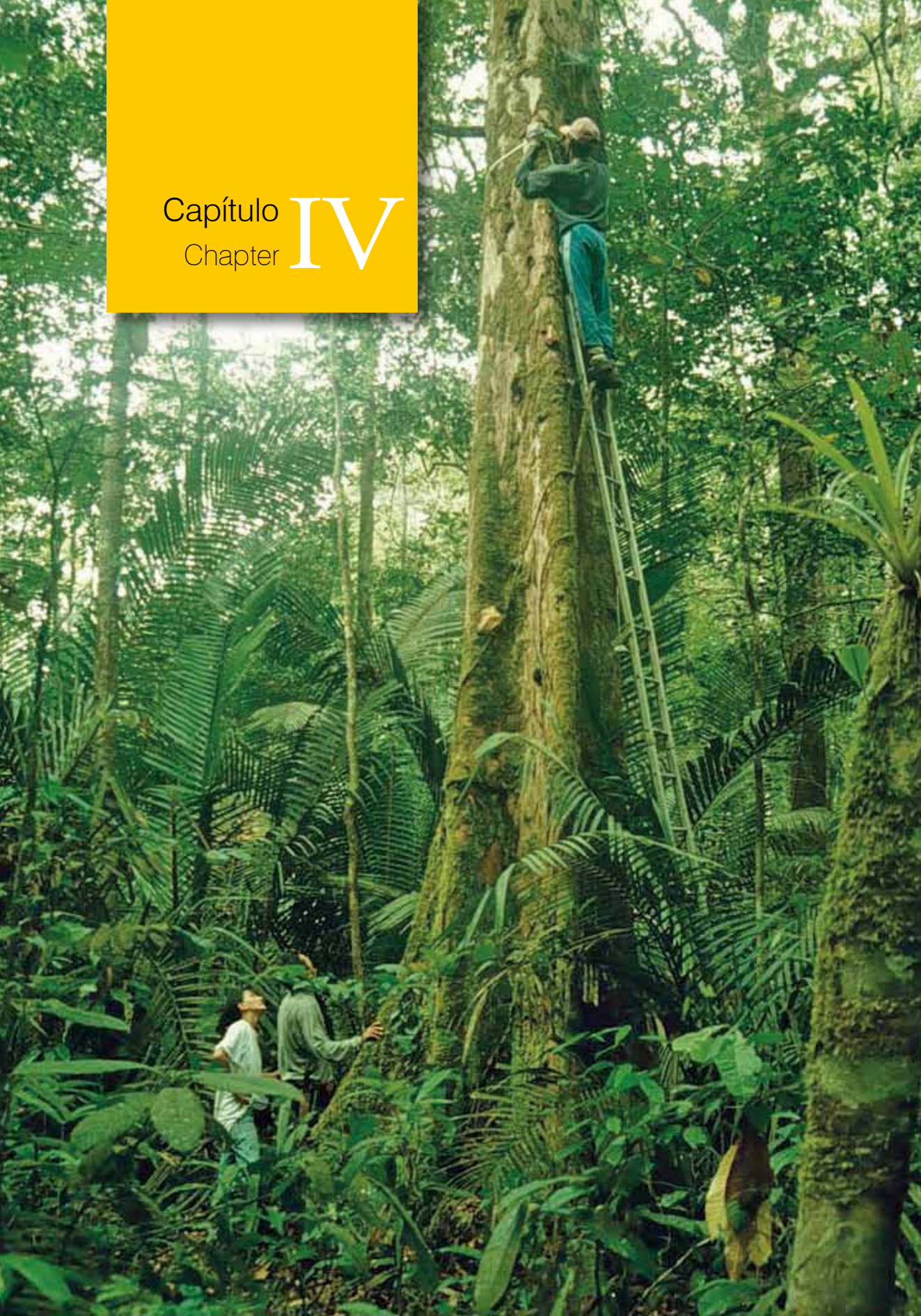
strategy has its benefits, but those **benefits could be much greater if we had a network of sites with standardized infrastructure to provide data on pre-disaster conditions.** With climate change bearing down on us at an unprecedented rate (Pachauri and Reisinger 2007), we do not have to ask where and if disasters will occur - the only doubt is about when. If monitoring costs can be spread across a wide range of stakeholders, with government intervention only in relation to training, data availability and already-existing mandated monitoring, everybody gains and monitoring becomes more relevant to all concerned citizens, at a fraction of the cost presently spent on research directed towards questions of little relevance to most citizens and unproductive mandated monitoring. ■

SAIBA MAIS READ MORE

- **Infraestrutura existente nos Sítios de Coleta**
<http://ppbio.inpa.gov.br/infra>
- **Infraestrutura**
<http://ppbio.inpa.gov.br/instalacao>



Capítulo **IV**
Chapter





Representações da diversidade biológica

Nos capítulos anteriores, apresentamos nossas razões para defender a instalação de infraestrutura padronizada de campo para estudar a biodiversidade *in situ*. Em vez de ser um exemplo de design inteligente de um único ser onisciente, o sistema RAPELD resultou da evolução de adaptações baseadas em sistemas pré-existentes. A pressão evolutiva de seleção foi ter utilidade a uma ampla gama de interessados em sistemas políticos democráticos. Como acontece com organismos complexos, a evolução não resulta em sistemas perfeitos, o único critério para o sucesso é eles replicarem mais rápido do que os concorrentes. Isto pode ocorrer por razões culturais e não porque o sistema é realmente mais produtivo. Miller (2001) afirmou que “a seleção sexual, portanto, funciona como uma fonte de descobertas na natureza. Ela dá à evolução a folga de

Representations of biological diversity

In the preceding chapters, we presented our rationale for advocating the installation of standardized field infrastructure to study biodiversity *in situ*. Rather than an example of intelligent design by a single omniscient being, the RAPELD system resulted from the evolution of adaptations based on pre-existing systems. The evolutionary selective force was utility to a wide range of stakeholders in democratic political systems. As with complex organisms, evolution does not result in perfect systems, the only criterion for success is that they replicate more quickly than competitors. This may occur for cultural reasons, rather than because the system is truly more productive. Miller (2001) stated “Sexual selection thus works as a source

que necessita para jogar sem exigir que todos os custos incorridos agora devam render algum benefício econômico no futuro. Como todos os cientistas sabem e a maioria dos governos se esquece, esta é a única maneira na qual a pesquisa produtiva e o desenvolvimento acontecem”. Esperamos que o RAPELD esteja sendo implementado porque é mais produtivo, mas só o tempo dirá. Como organismos complexos, um sistema pode ser vítima do seu próprio sucesso. Se for muito especializado ele terá um breve período de glória, mas a evolução tem basicamente começado do zero a partir de espécies relativamente pouco especializadas após cada evento principal de extinção

of serendipity in nature. It gives evolution the slack it needs to play around without demanding that every cost incurred now must yield some future economic benefit. As all scientists know and most governments forget, this is the only way that productive research and development happens.” We hope that RAPELD is being implemented because it is more productive, but only time will tell. Like complex organisms, a system can be a victim of its own success. If it is too specialized, it will have a brief period of glory, but evolution has basically started from scratch, from relatively unspecialized species, after every major biotic extinction event in the past. That is why, although we recognize the value of strongly question-oriented research (Yoccoz *et al.* 2003), we believe it is



- *Cigana*, *Opisthocomus hoazin*, observada na Estação Ecológica de Maracá (Roraima). Amplamente distribuído na Amazônia, vive em aningais, margens de rios e lagos, manguezais e alagados.
- *The Hoatzin*, *Opisthocomus hoazin*, observed in Maraca Ecological Station (State of Roraima). Widely distributed in the Amazon, this species lives in aningais, banks of rivers and lakes, mangroves and wetlands.

biótica no passado. É por isso que, embora reconhecamos o valor da pesquisa fortemente orientada às questões (Yoccoz et al. 2003), acreditamos que é importante manter a infraestrutura relativamente pouco especializada para que não tenhamos de recomeçar do nada toda vez que modismos científicos ou políticos mudem.

Neste capítulo, vamos discutir diferentes representações da biodiversidade e como elas podem ser usadas para responder a questões colocadas pelos tomadores de decisão interessados em escalas que podem ser razoavelmente investigadas com pixels variando de 0,25 a 5 km de extensão. Nenhum outro sistema de monitoramento da biodiversidade *in situ* efetivamente tem pixels maiores e estudos que necessitem de pixels menores muitas vezes podem ser aninhados dentro do sistema RAPELD para o benefício do pesquisador individual e de outros interessados em escalas mais amplas. Alguma coisa que explica tudo não explica nada (Dawkins 2006). Somos frequentemente indagados se o RAPELD pode ser usado para todas as perguntas, mas nós com certeza esperamos que não ou então ele se tornaria um monstro impraticável. O mesmo se aplica aos sistemas de gerenciamento de dados (Capítulo 7). No entanto, os pesquisadores descobriram que o RAPELD é útil e mais eficiente do que outros sistemas para uma variedade extremamente ampla de questões e para um vasto leque de tomadores de decisão (Capítulo 6). **No momento, as limitações ao uso do sistema parecem derivar muito mais da falta de**

important to maintain relatively unspecialized infrastructure so that we do not have to start again from nothing every time that scientific or political fads change.

In this chapter, we will discuss different representations of biodiversity as they can be used to answer questions posed by decision makers interested in scales that can reasonably be investigated with pixels ranging in length from 0.25 to 5 km. No other *in situ* biodiversity monitoring system effectively has larger pixels, and studies requiring smaller pixels can often be nested within the RAPELD system to the benefit of the individual researcher and others interested in broader scales. Something that explains everything explains nothing (Dawkins 2006). We are commonly asked if RAPELD can be used for all questions, and we certainly hope that it can't, or else it would become an unworkable monster. The same applies to data management systems (Chapter 7). However, researchers have found that RAPELD is useful, and more efficient than other systems for an extremely wide range of questions by a wide range of stakeholders (Chapter 6). **At the moment, the limitations to use of the system seem to stem much more from the lack of imagination of researchers than from incompatibility of the design with their questions.** Most scientists are trained as technicians rather than researchers. A technician is someone with a technique who is looking for a question to solve. A researcher is a person with a question looking for a technique to solve it. We encourage researchers to look at RAPELD field infrastructure and supporting data bases to see if those resources can help solve their problems more quickly or economically.

imaginação dos pesquisadores do que da incompatibilidade do esquema com suas perguntas.

A maioria dos cientistas é treinada como técnicos em vez de pesquisadores. Um técnico é alguém com uma técnica que está procurando uma questão para resolver. Um pesquisador é uma pessoa com uma pergunta à procura de uma técnica para resolvê-la. Nós incentivamos os pesquisadores a olhar para a infraestrutura de campo do RAPELD e as bases de dados de apoio para ver se esses recursos podem ajudá-los a resolver seus problemas de forma mais rápida e econômica.

Populações

Biodiversidade é um conceito multivariado (Groombridge 1992). Diferentes tomadores de decisão estão interessados em diferentes subconjuntos da biodiversidade e algumas pessoas estão interessadas principalmente em uma gama extremamente limitada de espécies ou mesmo em uma única espécie. Embora possa parecer incongruente considerar a representação da biodiversidade por uma única espécie, cada uma delas tem relações extremamente complexas com outras espécies (seu nicho biótico) e a complexidade das relações pode ser considerada um aspecto da biodiversidade. No entanto, a quantidade de informação necessária para modelar as complexas interações biológicas geralmente é limitante (Novak *et al.* 2011). Além disso, pode haver uma considerável variabilidade genética dentro de uma espécie e uma grande

Populations

Biodiversity is a multivariate concept (Groombridge 1992), different stakeholders are interested in different subsets of biodiversity, and some people are interested mainly in an extremely limited range of species, or even a single species. While it may seem incongruous to consider biodiversity to be represented by a single species, each species has extremely complex relations with other species (its biotic niche), and the complexity of relationships can be considered one aspect of biodiversity. However, the amount of information necessary to model complex biological interactions is usually limiting (Novak *et al.* 2011). Also, there can be considerable genetic variability within a species, and a great deal of insight can come from long-term studies of individual populations (Clutton-Brock and Sheldon 2010, Armitage 2010). The word "population" is generally not very enlightening. The members of a terrestrial species on an isolated island might be considered a distinct population. However, many evolutionary biologists would consider the population a distinct species if it is allopatric to other populations and has accumulated at least one distinct fixed genetic difference, which it is almost certain to have done if isolated for any length of time. Most biologists use the word population to refer to the individuals of a species that occur within their study area, especially if dispersal within the area is greater than dispersal to other areas. This extremely subjective definition of a population is not very useful, but demographic studies are usually based on samples from arbitrarily defined geographic areas.

parte das descobertas pode surgir a partir de estudos em longo prazo das populações individuais (Clutton-Brock & Sheldon 2010, Armitage 2010). A palavra “população” geralmente não é muito esclarecedora. Os membros de uma espécie terrestre em uma ilha isolada podem ser considerados uma população distinta. No entanto, muitos biólogos evolutivos considerariam esta população como sendo uma espécie distinta se ela for alopátrica a outras populações e tiver acumulado ao menos uma diferença genética fixada, que quase certamente terá ocorrido se for isolada por qualquer período de tempo. A maioria dos biólogos utiliza a palavra população para se referir aos indivíduos de uma espécie que ocorrem dentro de sua área de estudo, especialmente se a dispersão dentro da área for maior do que a dispersão para outras áreas. Esta definição extremamente subjetiva de uma população não é muito útil e os estudos demográficos são geralmente baseados em amostras de áreas geográficas definidas arbitrariamente.

Grades RAPELD fornecem infraestrutura útil para o estudo de parâmetros demográficos de muitas espécies. Tais estudos poderiam ser baseados em contagem visual, marcação e recaptura, avaliação de estruturas de tamanho ou conectividade genética de amostras na paisagem. Quando os organismos têm áreas de vida menores do que pode ser detectado de forma eficiente em uma grade com quadrados de 1 km, subgrades muitas vezes podem ser instaladas com um custo adicional baixo (por exemplo,



- *Muitas vezes delimitar uma população não é trivial.*
- *Na prática a maioria dos biólogos usa o termo para se referir aos indivíduos que ocorrem dentro da área de estudo.*
- *Often the delimitation of a population is not trivial.*
- *In practice, most biologists use the term to refer to the individuals that occur in the study area.*

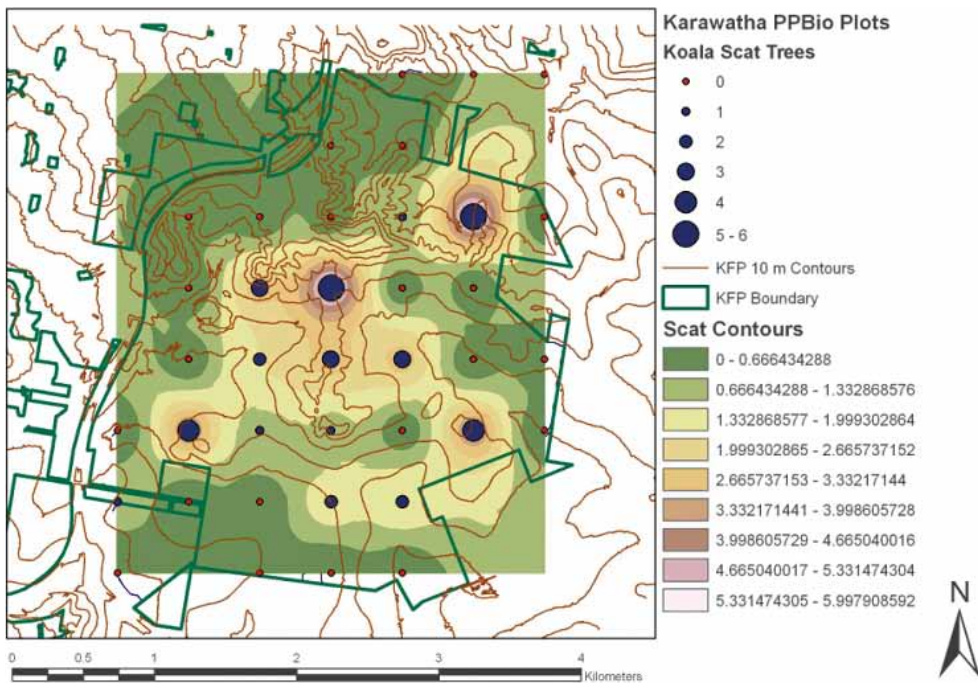
RAPELD grids provide useful infrastructure for the study of population-dynamic parameters of many species.

Such studies could be based on visual counts, mark-recapture, evaluation of size structures, or genetic connectivity of samples across the landscape. When organisms have smaller home ranges than can be detected efficiently on a grid with 1-km squares, sub-grids can often be installed at little extra cost (e.g. Gordo *et al.* 2008). Many organisms, such as understory birds, are unexpectedly mobile, and recaptures occur at surprising distances across the landscape (Bueno 2008). Prado (2008) used RAPELD grids to investigate the

Gordo *et al.* 2008). Muitos organismos, como aves de sub-bosque, são inesperadamente móveis, e recapturas ocorrem a distâncias surpreendentes na paisagem (Bueno 2008). Prado (2008) usou grades RAPELD para investigar as interações entre onças, pumas e suas presas, Fraga (2009) estudou víboras jararacas, Vidal e Cintra (2006) estudaram uma espécie ameaçada de macaco, Barros e Cintra (2009) estudaram corujas, Mossaz (2010) estudou coalas, Wilson Spironello estudou a abundância de Pau-rosa (Costa *et al.* 2008) e Scabin *et al.* (2011) estudaram o efeito da exploração madeireira sobre a estrutura demográfica de algumas espécies madeireiras. Es-

interactions between jaguars, pumas and their prey, Fraga (2009) studied fer-de-lance pit vipers, Vidal and Cintra (2006) studied an endangered species of monkey, Barros and Cintra (2009) studied owls, Mossaz (2010) studied koalas, Wilson Spironello studied the abundance of Rosewood (Costa *et al.* 2008), and Scabin *et al.* (2011) studied the effect of logging on demographic structure of timber species. Autecological studies are also more revealing when placed in a spatial context (Rubio and Pinho 2008, Nobrega and Pinho 2010).

RAPELD grids provide infrastructure that can be used to investigate many population parameters, though this does not necessarily mean that we will be able to understand



- Alexa Mossaz usou a densidades de fezes de coalas de 33 parcelas RAPELD no Parque Florestal de Karawatha no leste da Austrália para identificar áreas de alta atividade de coalas (Extraído de: Mossaz 2010).
- Alexa Mossaz used koala scat densities from 33 RAPELD plots in Karawatha Forest Park in eastern Australia to identify areas of high koala activity (Extracted from: Mossaz 2010).

tudos autecológicos são também mais reveladores quando colocados em um contexto espacial (Rubio & Pinho 2008, Nobrega & Pinho 2010).

Grades RAPELD fornecem infraestrutura que pode ser usada para investigar vários parâmetros populacionais, embora isso não signifique necessariamente que vamos ser capazes de compreender a dinâmica da população, a qual não se refere a áreas geográficas definidas arbitrariamente. A replicação de estudos entre os sítios RAPELD pode permitir aos investigadores levar em conta os processos espacialmente explícitos, como os descritos por Fink *et al.* (2010), Pulliam e Waser (2010) e Matthiopoulos *et al.* (2011). No entanto, as análises podem ser complexas (por exemplo, Hothorn *et al.* 2011). Dados acumulados de outras espécies dentro da comunidade biológica podem ser extremamente úteis quando as espécies-alvo são raras, porque os dados sobre as espécies comuns com padrões compartilhados podem ser usados para melhorar os modelos de distribuição de espécies raras (Ovaskainen & Soininen 2011).

Populações são muitas vezes estudadas porque a espécie tem valor econômico e a distribuição de grades e módulos RAPELD pode não ser apropriada para estudar muitas delas, como patos norte-americanos (Nichols & Williams 2006). No entanto, mesmo quando a exploração de uma espécie não pode ser estudada de forma eficaz em um único sítio, pode ser possível avaliar o efeito da extração em outros componentes da biodiversidade (por exemplo, os efeitos da exploração

population dynamics, which do not refer to arbitrarily defined geographic areas. Replication of studies among RAPELD sites may allow researchers to take into account spatially explicit processes, such as those described by Fink *et al.* (2010), Pulliam and Waser (2010) and Matthiopoulos *et al.* (2011). However, the analyses may be complex (e.g. Hothorn *et al.* 2011). Accumulating data on other species within the biological community can be extremely useful when the target species is rare because data on common species with shared patterns can be used to improve distribution models for rare species (Ovaskainen and Soininen 2011).

Populations are often studied because the species has economic value, and the distribution of RAPELD grids and modules may not be appropriate to study many economically valuable species, such as North American ducks (Nichols and Williams 2006). However, even when harvesting of a species cannot be studied effectively in a single site, it may be possible to evaluate the effect of that harvesting on other components of biodiversity (e.g. the effects of harvesting timber on stream fauna). Although RAPELD infrastructure evolved out of attempts to study biodiversity, the side effect was to provide infrastructure useful to many researchers interested in population processes.

Studying space

Definitions of biodiversity often include phylogenetic or functional diversity (e.g. Faith 1992, Walker and Langridge 2002, Carvalho *et al.* 2010, Pavoine and Bonsall 2010, Casanoves *et al.* 2011), but most people equate biodiversity with species diversity, though they may give more weight

madeira sobre a fauna de riachos). Embora a infraestrutura RAPELD tenha evoluído a partir de tentativas para se estudar a biodiversidade, o efeito colateral foi fornecer infraestrutura útil para muitos pesquisadores interessados em processos populacionais.

Estudando o espaço

Definições de biodiversidade incluem muitas vezes a diversidade filogenética ou a funcional (por exemplo, Faith 1992, Walker & Langridge 2002, Carvalho *et al.* 2010, Pavoine & Bonsall 2010, Casanoves *et al.* 2011), mas a maioria das pessoas considera a biodiversidade como a diversidade de espécies, embora possa dar mais peso para algumas. Por conveniência, vamos discutir a diversidade de espécies, mas a maioria das dificuldades e soluções que iremos descrever abaixo podem ser transferidas diretamente para estudos de variação intraespecífica ou entre táxons maiores. O maior problema com o manejo da biodiversidade entendida como um agregado de espécies é que poucas espécies são manejadas diretamente. Quando manejamos espécies individuais geralmente chamamos de “manejo da vida selvagem”, “manejo florestal” ou “pesca”, dependendo do grupo a ser manejado e onde ele ocorre. Mesmo nestes casos, o manejo de organismos individuais é raro e a maioria das práticas de manejo está relacionada com o manejo do espaço, que é uma analogia direta com o zoneamento utilizado pelos tomadores de decisão no sistema político (Curtin 2010, White *et*

to some species. For convenience, we will discuss species diversity, but most of the difficulties and solutions that we will describe below can be transferred directly to studies of variation within species, or variation among higher taxa. The major problem with management of biodiversity seen as aggregates of species is that very few species are managed directly. When we manage individual species, it is usually called “wildlife management”, “forestry” or “fisheries”, depending on the group being managed and where it occurs. Even in those cases, management of individual organisms is rare, and most of the management practices are related to management of space, which is directly analogous to the zoning used by decision makers in the political system (Curtin 2010, White *et al.* 2011). **In all cases where the objective is explicitly to manage “biodiversity”, the object being managed is space.**

The fact that we manage and measure biodiversity in spatial units is the major complication for developing a system of biodiversity monitoring. Biological communities do not have clear boundaries (Ferrier and Guisan 2006). The assemblage of fish in a stream may not make regular excursions into the surrounding forest (though some species do), but they eat many organisms that come from the forest, and the quality of their environment (the water) depends on what other organisms do outside the stream (e.g. beavers cut trees to make dams, rabbits strip the vegetation and cause erosion). Biological communities recognized by biologists are usually delimited by physical features of the environment (e.g. the stream bank), or the distribution of a single species (e.g. oak forests). However, it is obvious

al. 2011). **Em todos os casos onde o objetivo explícito é manejar a “biodiversidade”, o objeto sendo manejado é o espaço.**

O fato de manejarmos e medirmos a biodiversidade em unidades espaciais é a principal complicação para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento da biodiversidade. Comunidades biológicas não têm limites claros (Ferrier & Guisan 2006). A assembleia de peixes em um riacho pode não fazer excursões regulares para a floresta adjacente (embora algumas espécies as façam), mas estes comem muitos organismos que vem da floresta e a qualidade do seu ambiente (a água) depende do que outros organismos fazem fora do riacho (por exemplo, os castores cortam árvores para fazer barragens, coelhos tiram a vegetação e causam erosão). Comunidades biológicas reconhecidas por biólogos são geralmente delimitadas por características físicas do ambiente (por exemplo, a margem do riacho) ou pela distribuição de uma única espécie (por exemplo, florestas de carvalhos). No entanto, é óbvio que muitos organismos na “comunidade” não respeitam esses limites e estas comunidades arbitrariamente definidas não são independentes. Isto é, a localização do limite espacial da comunidade é uma decisão subjetiva feita pelo biólogo em relação a uma questão particular que ele tem no momento ou aos limites da área a que tem acesso fácil. Porque as populações e comunidades são idealizações humanas, temos que ter cuidado quando as usamos para tomar decisões sobre a biodiversidade.



- *Paisagem na Serra do Sol, Roraima. Informações sobre organismos individuais são raras e a maioria das práticas de manejo está relacionada com o manejo do espaço.*
- *Serra do Sol landscape, State of Roraima. Information about individual organisms is rare and most management practices are related to management of space.*

that many organisms in the “community” do not respect those boundaries, and these arbitrarily defined communities are not independent. That is, the location of spatial boundary of the community is a subjective decision made by the biologist in relation to the particular question they have at the time, or the limits of the area to which they have easy access. Because populations and communities are human constructs, we have to be careful when we use them to make decisions about biodiversity.

Species-accumulation curves

The influence of spatial scale in defining biodiversity is recognized in the concepts of alpha, beta and gamma diversity (Tuomisto 2010a,b). Alpha diversity is the diversity within the sampling units we decide to

Curvas de acumulação de espécies

A influência da escala espacial na definição de biodiversidade é reconhecida nos conceitos de diversidade alfa, beta e gama (Tuomisto 2010a, b). A diversidade alfa é a diversidade dentro das unidades amostrais que decidimos usar. A diversidade beta é a diferença entre as nossas unidades amostrais (ou “habitats” arbitrariamente definidos). A diversidade gama é a diversidade dentro de uma área muito grande que pode ser, pelo menos no curto prazo, uma unidade biológica integrada, como um continente para organismos terrestres ou de água doce, embora geralmente seja definida de forma arbitrária apenas em termos dos interesses do pesquisador. Uma medida de diversidade alfa, o alfa de Fisher, é relativamente insensível ao tamanho da unidade amostral (Condit *et al.* 1996). Entretanto, ela é sensível à forma da unidade de amostragem (Condit *et al.* 1996). **A razão pela qual não temos uma medida simples para a biodiversidade é porque a medimos em unidades espaciais que são descritas por distâncias – e a biodiversidade tem uma relação não-linear com a distância.** Quanto mais unidades amostrais você utilizar (ou seja, uma maior distância percorrida), mais espécies você vai encontrar. Entretanto, o número de espécies não é uma função simples do número de unidades de amostragem. Dentro de uma área bastante restrita, espécies irão acumular mais rapidamente com o aumento no número de unidades amos-

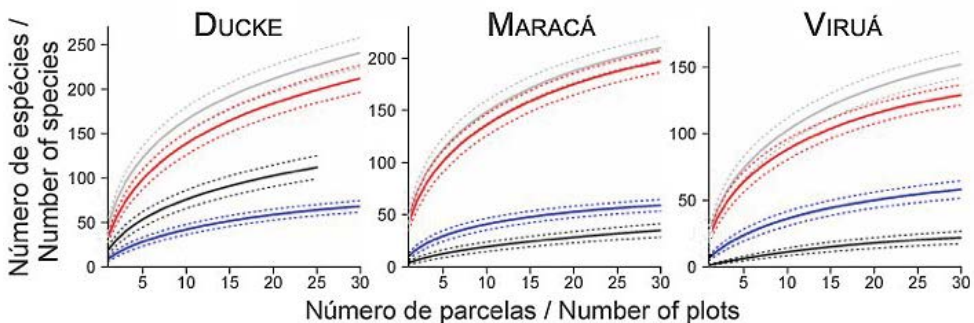
use. Beta diversity is the difference among our sampling units (or arbitrarily defined “habitats”). Gamma diversity is the diversity within some very large area, which may be, at least in the short term, an integrated biological unit such as a continent for terrestrial or freshwater organisms, but is usually just arbitrarily defined in terms of the interests of the researcher. One measure of alpha diversity, Fisher’s alpha is relatively insensitive to the size of the sampling unit (Condit *et al.* 1996). However, it will be sensitive to the shape of the sampling unit (Condit *et al.* 1996). **The reason that we do not have a simple measure of biodiversity is because we measure biodiversity in spatial units that are described by distances - and biodiversity has a nonlinear relationship with distance.** The more sampling units you use (i.e. the greater distance covered), the more species you will encounter, but the number of species is not a simple function of the number of sampling units. Within a fairly restricted area, species will accumulate quickly as the number of sampling units increases, for the first few sampling units. However, after a while, most of the individuals in the new sampling units will be species that have already been registered. A graph of the cumulative number of species against the number of sampling units surveyed is called a species-accumulation curve, and is one of the most studied graphs in community ecology (MacArthur and Wilson 1967, Rosensweig 1995, Hubbell 2001, Scheiner *et al.* 2011, Steinmann *et al.* 2011).

Species-accumulation curves are called species-area curves in biogeography, and they are the basis of most species-diversity indices

trais para as primeiras poucas unidades de amostragem. No entanto, depois de um tempo a maioria dos indivíduos nas novas unidades amostrais será de espécies que já foram registradas. Um gráfico do número cumulativo de espécies em relação ao número de unidades amostrais pesquisadas é chamado de curva de acumulação de espécies e é um dos gráficos mais estudados em ecologia de comunidades (MacArthur & Wilson 1967, Rosensweig 1995, Hubbell 2001, Scheiner *et al.* 2011, Steinmann *et al.* 2011).

Curvas de acumulação de espécies são chamadas curvas espécie-área em biogeografia e elas são a base da maioria dos índices de diversidade de espécies e medidas de similaridade da comunidade – o inverso da complementaridade da comunidade (Borda-da-Água *et al.* 2002, Pélissier *et al.* 2003, Colwell *et al.* 2004). Isto é importante para a interpretação destes índices. Por exemplo, o índice de diversidade de Shannon não é um

and measures of community similarity – the inverse of community complementarity (Borda-da-Água *et al.* 2002, Pélissier *et al.* 2003, Colwell *et al.* 2004). This is important for interpretation of these indices. For instance, Shannon's index of diversity is not an index of diversity of the community. It asks about the mean information in a single unit of communication, such as a letter used in a signal. In terms of information about a biological community, it asks how fast new species accumulate as we collect more individuals. We need more than two units only to avoid sampling error, or to use it as a measure of beta diversity (Tuomisto 2010a,b). To use it as an index of community diversity, we need more information about the species-accumulation curve. Because it only uses information from the beginning of the curve, it can only be used to compare communities if the species-accumulation curves do not cross. That is, a community with more species may have a smaller Shannon's H than a community with less species because it has lower evenness.



● Curvas de acumulação de espécies de formigas de solo e liteira amostradas por armadilhas de pitfall (vermelho), iscas de sardinha (azul), extratores de Winkler (preto) e todas armadilhas combinadas (cinza) para três sítios RAPELD na Amazônia brasileira. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança de 95% ao redor da média.

● Ground-dwelling and leaf-litter ant species accumulation curves for pitfall trapping (red), sardine baits (blue), Winkler extractors (black), and all sampling methods combined (gray) for three RAPELD sites in the Brazilian Amazon. Dotted lines represent the 95% confidence intervals around the mean.

índice de diversidade da comunidade. Ele pergunta sobre a informação média em uma única unidade de comunicação, tal como uma letra usada em uma sentença. Em termos de informação sobre uma comunidade biológica, ele quer saber quão rápido novas espécies se acumulam conforme coletamos mais indivíduos. Precisamos de mais do que duas unidades apenas para evitar erro de amostragem ou usá-lo como uma medida de diversidade beta (Tuomisto 2010a, b). Para usá-lo como um índice de diversidade da comunidade, precisamos de mais informações sobre a curva de acumulação de espécies. Porque este índice só usa a informação do início da curva, ele só pode ser usado para comparar as comunidades se as curvas de acumulação de espécies não se cruzarem. Isto é, uma comunidade com mais espécies pode ter um valor menor de H de Shannon do que uma comunidade com menos espécies, porque ela tem equitabilidade menor.

Às vezes é alegado que a homogeneidade de espécies (equitatividade), em termos de uma medida de abundância, tais como número de indivíduos ou biomassa, é um índice de diversidade da comunidade (por exemplo, Lande 1996). No entanto, isso é totalmente contrário às definições mais intuitivas de diversidade. O número de indivíduos, ou qualquer outra medida de abundância de uma espécie, é fortemente afetado pela sua taxa metabólica, nível trófico, seleção de hábitat ou qualquer outra medida da diversidade ecológica, e todos eles tendem a diferir entre as espécies mais distantemente relacionadas do que

It is sometimes alleged that the homogeneity of species in terms of a measure of abundance (evenness), such as numbers of individuals or biomass, is an index of community diversity (e.g. Lande 1996). However, this is completely contrary to most intuitive definitions of diversity. The number of individuals, or any other measure of abundance of a species, is strongly affected by its metabolic rate, trophic level, habitat selection, or any other measure of ecological diversity, and these all tend to differ more among distantly related species than among species within the same phylogenetic clade (Lawton 1999). Therefore, we can be fairly sure that any community in which the abundances of the species were similar (high evenness), the diversity in physiology, diet, behavior and phylogeny would be low (Magnusson and Mourão 2004). Although these indices appeal to academics, they may not be relevant to decision makers who



- *Pesquisador processando coletas de peixes de igarapés na Reserva Ducke. É importante que os pesquisadores tenham uma visão ampla do processo de monitoramento.*
- *Researcher processing fish collections from streams in Reserva Ducke. It is important that researchers have a broad view of the monitoring process.*

entre espécies dentro do mesmo clado filogenético (Lawton 1999). Portanto, podemos ter certeza de que qualquer comunidade em que as abundâncias das espécies forem semelhantes (forte uniformidade), a diversidade na fisiologia, dieta, comportamento e filogenia seria baixa (Magnusson & Mourão 2004). Ainda que esses índices atraíam a atenção dos acadêmicos, eles podem não ser relevantes para os tomadores de decisão que têm que cuidar de muitos aspectos da biodiversidade (Buckland *et al.* 2005, Gardner 2010).

A decisão sobre qual índice de biodiversidade usar deve estar relacionada com a questão, e não acreditamos que haja qualquer índice de um conceito complexo e multivariado, como a biodiversidade, que possa ser usado para responder às perguntas de todas as partes interessadas e em todas as escalas. Provavelmente não existem índices ruins da biodiversidade, só índices que são usados de forma inadequada, considerando a questão e as escalas espaciais e temporais de interesse. Muitos índices diferentes podem ter que ser usados para informar os tomadores de decisão e estes índices podem ter valores subjetivos distintos para as diferentes partes interessadas. Por isso, pode não ser possível forçá-los em uma única equação com entradas limitadas e uma única saída. No entanto, a importância da escala espacial e temporal para estes índices deve ser considerada quando for instalada infraestrutura padronizada para medir e monitorar a biodiversida-



- *Mycena lacrimans* é a única espécie de fungo bioluminescente conhecida na Amazônia. A infraestrutura instalada ao longo da rodovia BR-319 foi fundamental para sua descoberta e conforme mais coletas forem realizadas na região novas espécies serão descritas.
- *Mycena lacrimans* is the only bioluminescent fungi species known in the Amazon. The infrastructure installed along the highway BR-319 was critical to its discovery and as more samples are taken in the region new species will be described.

have to care for many aspects of biodiversity (Buckland *et al.* 2005, Gardner 2010).

A decision about which index of biodiversity to use should be related to the question, and we do not believe that there is any single index of a complex multivariate concept, such as biodiversity, that can be used to answer the questions of all decision makers at all scales. There are probably no bad indices of biodiversity, only indices that are used inappropriately considering the question and the spatial and temporal scales of interest. Many different indices may have

de. **Os índices não funcionam se eles não são medidos em escalas espaciais padronizadas utilizando unidades amostrais que são relativamente uniformes em tamanho e forma e que têm uma configuração padrão na paisagem.** No entanto, os índices serão utilizados para questões diferentes por diferentes tomadores de decisão e as unidades de manejo serão diferentes entre eles.

No Capítulo 3, esboçamos o nosso raciocínio para a utilização de parcelas de estudo distribuídas por toda a paisagem em escalas de 0,25 a 5 km para fornecer dados para os tomadores de decisão no contexto de sistemas políticos democráticos. Alguns pesquisadores podem querer realizar estudos idiossincráticos dentro de uma única parcela ou sítio; algumas organizações do governo podem querer demandar o monitoramento de alguns aspectos da biodiversidade em tantos locais quanto possível; e sítios de pesquisas ecológicas de longa duração, individual ou coletivamente, podem ser locais críticos de referência para avaliar impactos esperados (Gardner 2010, Magurran *et al.* 2010) ou para avaliar desastres inesperados (Lindenmayer *et al.* 2010). **Os sítios podem ser replicados dentro e entre as unidades de manejo em potencial pelas diferentes partes interessadas de acordo com suas perguntas, de modo que nenhuma instituição precisa arcar com todos os custos associados ao sistema.** Estas são as vantagens de um sistema de infraestrutura padrão em

to be used to inform decision makers, and these indices may have different subjective values to different stakeholders. Therefore, it may not be possible to force them into a single equation with limited inputs and a single output. However, the importance of spatial and temporal scale for these indices has to be considered when installing standard infrastructure for measuring and monitoring biodiversity. **The indices do not work if they are not measured at standard spatial scales using sampling units that are relatively uniform in size and shape, and that have a standard configuration in the landscape.** However, the indices will be used for different questions by different stakeholders, and the management units will differ among stakeholders.

In Chapter 3, we outlined our rationale for using study plots distributed across the landscape at scales of 0.25 to 5 km to provide data to decision makers within democratic political systems. Some researchers may want to undertake idiosyncratic studies within a single plot or site, some government organizations may want to mandate monitoring of some aspects of biodiversity in as many sites as possible, and long-term ecological-research sites, individually or collectively, may be critical reference sites to evaluate expected impacts (Gardner 2010, Magurran *et al.* 2010), or for evaluating unexpected disasters (Lindenmayer *et al.* 2010). **Sites can be replicated within and between potential management units by different stakeholders in accordance with their questions, so no single institution needs to bear all of the costs associated with the system.**

campo e de gerenciamento de dados. No entanto, este sistema não pode fornecer as perguntas e ele não pode indicar o melhor índice de biodiversidade para cada questão – estas devem vir de pesquisadores inovadores. A abordagem de lista padrão para definir o que deve ser medido é ineficiente (Lindenmayer & Likens 2010).

These are the advantages of a system for standard field and data-management infrastructure. However, this system cannot provide the questions and it cannot indicate the best index of biodiversity for every question; these must come from innovative researchers. The laundry-list approach to defining what should be measured is very inefficient (Lindenmayer and Likens 2010).

Substitutos

Não é possível medir toda a biodiversidade, portanto, qualquer decisão sobre ela deve ser feita com base no conhecimento sobre informações substitutas (Brooks *et al.* 2004, Faith & Walker 1996, Gardner 2010, Caro 2010). No entanto, um investigador pode estar interessado apenas em plantas vasculares e medir tantos aspectos da diversidade de plan-

Surrogates

It is not possible to measure all biodiversity, so any decision about biodiversity must be made based on information about surrogates (Brooks *et al.* 2004, Faith and Walker 1996, Gardner 2010, Caro 2010). However, an individual researcher may be interested only in vascular plants, and measures so many aspects of the diversity of vascular plants that they feel confident about the relationship



- *Alguns grupos megadiversos, como insetos, vão demorar muito tempo para serem conhecidos, mas decisões podem ser feitas com base no conhecimento sobre grupos substitutos.*
- *Some megadiverse groups, such as insects, will take a long time to be known, but decisions can be made based on knowledge of surrogates.*

tas vasculares que fica confiante que captou a relação entre os substitutos usados e o conceito de interesse. Em outros casos, o investigador pode não ser capaz de medir o grupo biológico de interesse e assume que este irá covariar com algum outro grupo biológico que é mais fácil de medir. Por exemplo, eles podem assumir que os coalas estão associados com certas espécies de árvores e usar essas árvores como substitutos para eles. Em muitos casos, os substitutos são ainda mais distantes das espécies de interesse e dados de satélite podem ser usados como substitutos para a distribuição de espécies associadas a formações vegetais que podem ser reconhecidas em imagens de sensoriamento remoto (Padial *et al.* 2010). Caro (2010) afirmou que a “conservação pode ser promovida utilizando biomas e habitats, bem como uma única espécie. Portanto, considerações ambientais e econômicas são promissoras para ignorar o uso de espécies substitutas como ferramentas de conservação”.

O valor de um substituto depende de quão bem ele representa o alvo e qual informação alternativa está disponível (Brooks *et al.* 2004, Caro 2010, Gardner 2010). Se nenhum outro dado estiver disponível, é melhor usar um indicador fraco do que basear a decisão em nenhuma informação. É extremamente improvável que em um futuro próximo o monitoramento da biodiversidade *in situ* substitua o uso de substitutos derivados de sensoriamento remoto para o planejamento do uso da terra, mas até mesmo um número relativamente pequeno de locais de

between the surrogates measured and the concept of interest. In other cases, the researcher may not be able to measure the biological group of interest, and assumes that it will covary with some other biological group that is easier to measure. For example, they may assume that koalas are associated with certain species of trees, and use those trees as surrogates for koalas. In many cases, the surrogates are even further removed from the species of interest, and satellite data may be used as surrogates for the distribution of species associated with vegetation formations that can be recognized on remote-sensing images (Padial *et al.* 2010). Caro stated that “Conservation can be promoted using biomes and habitats as well as single species. Therefore, environmental and economic considerations hold promise for bypassing the use of surrogate species as conservation tools.”

The value of a surrogate depends on how well it represents the target, and what alternative information is available (Brooks *et al.* 2004, Caro 2010, Gardner 2010). If no other data are available, it is better use a weak surrogate than to base the decision on no information at all. It is extremely unlikely that *in situ* monitoring of biodiversity will replace the use of remote-sensing surrogates for land-use planning in the near future, but even a relatively small number of monitoring sites can be useful to calibrate surrogates and determine how well they represent their targets. Decisions should take into account the uncertainty associated with information as well as the quantity of information (e.g. Moilanen *et al.* 2006, Gardner 2010, Wilson 2010, McDonald-Madden *et al.* 2011, Valle 2011). For example, a decision to protect

monitoramento pode ser útil para calibrar os indicadores e determinar quão bem eles representam os seus alvos. Decisões devem levar em conta a incerteza associada à informação, bem como a quantidade de informação (Moilanen *et al.* 2006, Gardner 2010, Wilson 2010, McDonald-Madden *et al.* 2011, Valle 2011). Por exemplo, uma decisão para proteger uma certa proporção da área de distribuição de uma espécie ameaçada exigirá uma área protegida muito menor se estivermos confiantes da extensão da distribuição da espécie do que se usarmos um indicador e estivermos inseguros quanto a quão bem ele reflete a ocorrência da espécie.

Grande parte do planejamento sistemático de conservação é baseada em métricas da paisagem, que fornecem os alvos para a conservação (Caro 2010). Na maioria dos casos, os alvos são arbitrários porque simplesmente não sabemos como os organismos respondem à fragmentação do hábitat e a maioria dos pesquisadores estuda fragmentos em vez de fragmentação (Harrison & Bruna 1999, Fahrig 2003). Há muitas medidas de redes para se medir a conectividade (Rayfield *et al.* 2011), mas a conectividade biológica não corresponde necessariamente à conectividade da paisagem. A quantidade de conhecimento necessária para prever as respostas da comunidade em complexas redes biológicas é geralmente proibitiva para o planejamento da conservação (Novak *et al.* 2011). **Embora a infraestrutura RAPELD possa ser usada para investigar muitas relações biológicas (veja abaixo), seu valor principal é o de medir**



- *A cutia, Dasyprocta agouti. Ainda que ocorram mais frequentemente em florestas maduras, alguns animais são capazes de transpor áreas abertas e ocupar fragmentos florestais com baixa conectividade.*
- *The red-humped agouti, Dasyprocta agouti. Although they occur more frequently in mature forests, some animals are able to cross open areas and occupy forest fragments with low connectivity.*

a certain proportion of the range of an endangered species will require a much smaller protected area if we are confident of the extent of the species' range than if we use a surrogate and are unsure as to how well it reflects the occurrence of the species.

Much systematic conservation planning is based on landscape metrics, which provide the targets for conservation (Caro 2010). In most cases, the targets are arbitrary, because we simply do not know how organisms respond to habitat fragmentation, and most researchers study fragments rather than fragmentation (Harrison and Bruna 1999, Fahrig 2003). There are many network measures to measure connectivity (Rayfield *et al.* 2011), but biological connectivity does not necessarily correspond to landscape connectivity. The amount of knowledge necessary to predict community responses in complex biological networks is usually prohibitive for conservation planning (Novak

diferenças entre paisagens em uma escala espacial padronizada. Para comparar paisagens, é necessário ter uma unidade de amostragem padrão que é relevante para as escalas da paisagem, e os módulos RAPELD foram projetados para isso.

Nunca é possível estudar toda a biodiversidade e a maioria dos estudos tem se concentrado em grupos biológicos específicos. Às vezes, decisões tomadas com base em espécies facilmente amostradas podem ser tão eficazes quanto aquelas considerando-se todas as espécies (Vellend *et al.* 2008). Nas seções seguintes, vamos considerar esses grupos, que são geralmente clados filogenéticos, que têm sido utilizados por pesquisadores para estudar a ecologia ou a distribuição de espécies em grades e módulos RAPELD. Na última parte deste capítulo, vamos considerar quais desses grupos poderiam ser de interesse para organizações governamentais com uma demanda de monitoramento de áreas específicas para propósitos específicos.

Grupos biológicos
como representações
da biodiversidade

Plantas de sub-bosque

Um dos primeiros estudos de um grupo biológico em uma grade RAPELD foi realizado por Valdely Kinupp (2002), que estudou o gênero *Psychotria*, um gênero que contém principalmente espécies de arbustos de sub-bosque. Embora o gênero tenha uma distri-

et al. 2011). **Although RAPELD infrastructure can be used to investigate many biological relationships (see below), its primary value is to measure differences among landscapes on a standard spatial scale.** To compare landscapes, it is necessary to have a standard sampling unit that is relevant to landscape scales, and that is what RAPELD modules were designed for.

It is never feasible to study all biodiversity, and most studies have focused on specific biological groups. Sometimes, decisions made on easily surveyed species may be nearly as effective as those made considering all species (Vellend *et al.* 2008). In the following sections we will consider such groups, which are usually phylogenetic clades, that have been used by researchers to study ecology or species distributions in RAPELD grids and modules. In the last part of this chapter, we will consider which of these groups could be of interest to government organizations mandating monitoring of specific areas for specific purposes.

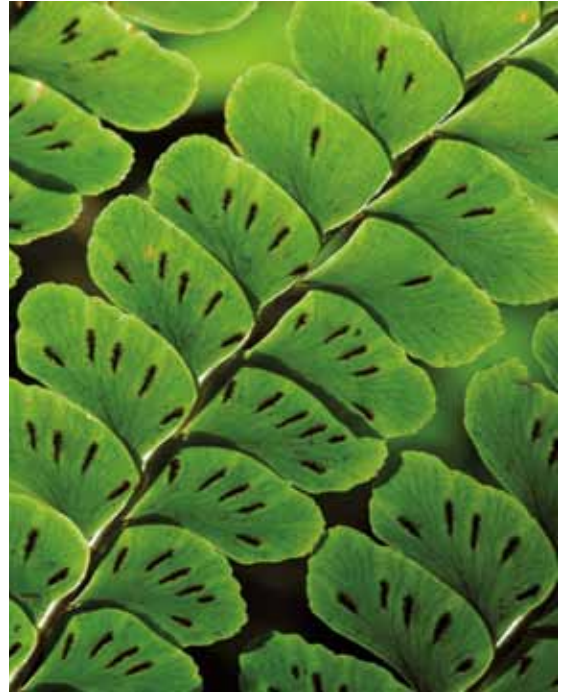
Biological groups as representations of biodiversity

Plants close to the ground

One of the first studies of a biological group in a RAPELD grid was undertaken by Valdely Kinupp (2002), who studied the genus *Psychotria*, a genus that contains mainly species of understory shrubs. Although the genus has a cosmopolitan distribution, it may not be monophyletic. The objective of the study was to determine whether species

buição cosmopolita, ele pode não ser monofilético. O objetivo do estudo era determinar se as espécies de plantas da floresta tendem a ser especializadas em relação a características do habitat ou se sobrepõem em suas adaptações às variáveis ambientais, como modelado pela teoria neutra da biodiversidade (Hubbell 2001, 2010). O gênero foi escolhido porque tem um número moderadamente grande de espécies, que são relativamente fáceis de identificar na Reserva Ducke e ocorrem em um conjunto de condições relativamente limitadas (a maioria das espécies está no sub-bosque). Ou seja, ele era um substituto conveniente para as plantas vasculares da floresta. O estudo revelou que a maioria das espécies era relativamente pouco especializada no sentido de que elas ocupavam grande parte dos gradientes ambientais topográficos estudados e geralmente não estavam restritas a pequenas partes da reserva (Kinupp & Magnusson 2005). Isso foi inesperado e dessa forma avançou a nossa compreensão da floresta tropical. Entretanto, as limitações deste estudo também revelam as limitações da maioria dos estudos de biodiversidade: **os substitutos biológicos podem não refletir a biologia do grupo maior que é de interesse**. As variáveis ambientais medidas também foram substituídas para os muitos gradientes ambientais que poderiam representar os nichos das espécies e, se elas foram inadequadas, nossas conclusões também teriam sido inadequadas.

Muitas das conclusões do estudo de *Psychotria* foram apoiadas por estudos de



- *Didymochlaena truncatula*, uma samambaia de sub-bosque que cresce em florestas densas sobre solos ricos em nutrientes. Distribuída no mundo todo, foi registrada pela primeira vez na Amazônia Central na Reserva Uatumã.
- *Didymochlaena truncatula*, an understory fern that grows in dense forests on nutrient-rich soils. Distributed worldwide, it was first recorded in central Amazonia at Reserva Uatumã.

of rainforest plants tend to be specialized in relation to habitat features or overlap in their adaptations to environmental variables, as modeled by the neutral theories of biodiversity (Hubbell 2001, 2010). The genus was chosen because it has a moderately large number of species, they are relatively easy to identify in Reserva Ducke, and it occurs in a relatively constrained set of conditions (most species are in the understory). That is, it was a convenient surrogate for rainforest vascular plants. The study revealed that most species were relatively unspecialized in the sense that they occupied large parts of the topographic

outras plantas, mas agora sabemos muito mais sobre os fatores de estruturação das assembleias de plantas na Amazônia central. Drucker *et al.* (2008) utilizaram um delineamento que incorporou a informação de parcelas uniformemente distribuídas com informações de parcelas situadas especificamente para testar a distância do riacho para as ervas de sub-bosque e mostraram que muitas espécies são muito especializadas em relação aos gradientes dentro das zonas ripárias. Este foi um dos estudos que nos levou a incluir parcelas ripárias no delineamento geral do RAPELD. Desde então, muitos estudos de plantas de sub-bosque têm sido realizados em relação a gradientes ambientais (por exemplo, Costa *et al.* 2005, 2008, Cunha *et al.* 2010). Muitos

gradients studied, and generally were not restricted to small parts of the reserve (Kinupp and Magnusson 2005). This was unexpected, and so it advanced our understanding of the rainforest. However, the limitations of the study also reveal the limitations of most biodiversity studies: **The biological surrogates may not reflect the biology of the larger group that is of interest.** The environmental variables measured were also surrogates for the many environmental gradients that could represent the niches of the species and, if they were inadequate, our conclusions would also have been inadequate.

Many of the conclusions of the study of *Psychotria* have been supported by studies of other plants, but we now know much more about the factors structuring plant assemblages in central Amazonia. Drucker *et al.* (2008) used a design that incorporated information from uniformly distributed plots with information from plots situated specifically to test distance from streams for understory herbs, and showed that many species are very specialized in relation to gradients within riparian zones. This was one of the studies that caused us to include riparian plots in the general RAPELD design. Since then, many studies have been undertaken of understory plants in relation to environmental gradients (e.g. Costa *et al.* 2005, 2008, Cunha *et al.* 2010). Many groups covary in space and may be reasonable surrogates for others. However, others, such as ferns, appear to respond to different environmental gradients (Zuquim *et al.* 2009), as do herbaceous legumes in plots located in savanna areas of Roraima (Cavalcante, 2009).

Methods for studying plants close to the ground are usually based on narrow-plot, line-



● Flor de *Psychotria poeppigiana* sendo visitada por uma abelha sem ferrão. A maioria das espécies de *Psychotria* na Reserva Ducke ocorre em grande parte dos gradientes ambientais topográficos, estando distribuídas ao longo de toda a reserva.

● *Psychotria poeppigiana* flower being visited by a stingless bee. Most species of *Psychotria* in the Reserva Ducke occur in most of the topographic gradient, being distributed throughout the reserve.



- *Parcela usada para amostrar plantas de sub-bosque. Métodos para estudar as plantas de sub-bosque podem ser usados para estudar outros organismos sésseis ou com baixa mobilidade em diferentes tipos de ambiente.*
- *Plot used to sample understory plants. Methods for studying understory plants can be used to study other sessile or low mobility organisms in different types of environments.*

grupos covariam no espaço e podem ser substitutos razoáveis para outros. No entanto, outros grupos, como as samambaias, parecem responder a diferentes gradientes ambientais (Zuquim *et al.* 2009), como também as leguminosas herbáceas nas parcelas das savanas de Roraima (Cavalcante 2009).

Métodos para estudar as plantas próximas ao solo são geralmente baseados em parcelas estreitas, linhas de interceptação ou quadrados pontuais (Goodall 1952). Isto significa que os mesmos métodos usados em savanas (por exemplo, Magnusson *et al.* 2008b, Rebellato *et al.* 2012) podem ser usados para as plantas de sub-bosque em florestas (por exemplo, Costa *et al.* 2005) e, potencialmente, para muitos orga-

intercept or point quadrat methods (Goodall 1952). This means that the same methods used in savannas (e.g. Magnusson *et al.* 2008b, Rebellato *et al.* 2012) can be used for understory plants in forests (e.g. Costa *et al.* 2005), and potentially for many sessile marine organisms, such as sea grasses, algal mats, and ascidians. All of these methods can be used to estimate densities or cover, so studies can be compared even when different methods are used. However, they are not good for estimating cover of rare species, and supplementary methods should be employed (Abrahamson *et al.* 2011).

Trees

Most of the biomass in the forest is in trees, and tree canopies, or areas without tree canopies, are what are registered on most

nismos marinhos sésseis, como algas e corais. Todos estes métodos podem ser usados para estimar as densidades ou a cobertura, assim, estudos podem ser comparados até mesmo quando métodos diferentes são usados. No entanto, eles não são bons para estimar a cobertura de espécies raras e métodos complementares devem ser empregados (Abrahamson *et al.* 2011).

Árvores

A maior parte da biomassa da floresta está nas árvores, e as copas das árvores, ou áreas sem copas das árvores, são as informações que são registradas na maioria das imagens de sensoriamento remoto. Dessa forma, **as árvores são muitas vezes a ligação mais próxima entre a biodiversidade e os substitutos utilizados para o planejamento do uso do solo** e têm sido objeto de alguns dos mais importantes estudos de ecologia e biogeografia (Hubbell 2001, 2010, Feeley *et al.* 2011). Alguns dos sistemas mais importantes que fornecem infraestrutura para estudos de biodiversidade, como CTFS e RAINFOR, se concentram quase exclusivamente em árvores, mas a medição e identificação de árvores é uma das atividades mais caras dentro de nossos estudos de biodiversidade. O livro de Condit (1998) é uma boa introdução à complexidade desses estudos e o grande cuidado que deve ser tomado na coleta e gestão de dados para que os estudos possam ser comparados.

Até o momento, os poucos estudos que têm utilizado a infraestrutura RA-



● *Cumaru, Dipteryx odorata, na Reserva Ducke. Por serem essenciais para o ecossistema florestal e serem diretamente observadas nas imagens de sensoriamento remoto, as árvores são um dos melhores representantes da biodiversidade. Porém, alguns problemas como a falta de material fértil e o grande número de espécies encarecem os estudos das árvores.*

● *The cumaru tree, Dipteryx odorata, in the Reserva Ducke. Because they are essential to the forest ecosystem and can be directly observed from remote sensing images, trees are one of the best representatives of biodiversity. However, some problems, such as lack of fertile material and the large number of species, make the studies of trees expensive.*

remote-sensing images. Therefore, **trees are often the closest link between biodiversity and the surrogates used for land-use planning**, and they have been the object of some of the most important studies of ecology and biogeography (Hubbell 2001, 2010, Feeley *et al.* 2011). Some of the most important systems that provide infrastructure for biodiversity studies, such as CTFS and RAINFOR, focus almost exclusively on

PELD para investigar a relação entre assembleias de árvores e gradientes ambientais têm feito isso em regiões com poucas espécies de árvores (por exemplo, Butler 2007, Cunha *et al.* 2010, Vale 2011a). Isso é devido à dificuldade de identificação de material estéril. A floração e a frutificação são sazonais na maioria das espécies e árvores individuais podem só florescer em intervalos de vários anos (por exemplo, Alencar 1994). Algumas espécies apresentam comportamento de 'masting', que significa que todos os indivíduos florescem em sincronia em intervalos de vários anos (Kelly 1994). A identificação de material estéril é difícil e para muitas famílias e gêneros é incerta. Apesar do grande número (> 1000) de espécies de árvores, estudos são relativamente fáceis na Reserva Ducke porque existe um guia para a flora que inclui chaves para características estéreis (Ribeiro *et al.* 1999). Contudo, tais guias não estão disponíveis para a maioria das áreas de floresta. A identificação de indivíduos estéreis é muito mais fácil em florestas temperadas e subtropicais, como as florestas de eucalipto da Austrália e os fragmentos florestais no Pantanal, onde há muito menos espécies (por exemplo, Butler 2007, Cunha *et al.* 2010).

Apesar das dificuldades, informações sobre a composição de espécies da floresta podem ser críticas para outros estudos. A identificação de espécies permite estimativas mais precisas da biomassa da floresta, porque espécies diferentes têm densidades de madeira diferentes (Chave *et al.* 2006, Castilho *et al.* 2010, Silva 2011). A possibilidade de

trees, but measuring and identifying trees is one of the most expensive activities within our biodiversity studies. The book by Condit (1998) is a good introduction to the complexity of such studies and the great care that must be taken in data collection and management if the studies are to be comparable.

To date, the few studies that have used RAPELD infrastructure to investigate the relationship between tree assemblages and environmental gradients have done so in regions with few tree species (e.g. Butler



- Para estudar árvores com madeira de valor econômico em ilhas do Arquipélago de Anavilhanas, Andressa Scabin montou uma grade virtual para amostrar e descobriu que a extração estava relacionada com a acessibilidade.
- To study timber trees of economic value in the Archipelago of Anavilhanas, Andressa Scabin assembled a virtual grid to sample and showed that extraction was related to accessibility.

ligar estudos subsequentes à informação que requer um longo tempo para ser obtida é uma das principais vantagens de trabalhar em sítios de pesquisas ecológicas de longa duração sempre que for possível (Magurran *et al.* 2010, Feeley *et al.* 2011, Weng & Luo 2011). Alguns subgrupos de árvores podem ser muito mais fáceis de identificar. Costa *et al.* (2009) estudaram palmeiras na Reserva Ducke e mostraram que muitas têm distribuições intimamente relacionadas com gradientes topográficos. Scabin *et al.* (2011) estudaram árvores com madeira de valor econômico, onde uma grade virtual fez intersecção com ilhas do Arquipélago de Anavilhanas e mostraram que a extração estava relacionada com a acessibilidade, e a metodologia de transecto linear foi empregada em módulos RAPELD ao longo da rodovia BR-163 para mapear a distribuição de árvores de madeira de valor econômico (Gomes & Albernaz 2013). **A importância das árvores para o restante da biodiversidade parece justificar a sua inclusão como táxon a ser estudado em sítios de pesquisas ecológicas de longa duração, mesmo quando os estudos são caros e os resultados podem não vir rapidamente.**

Invertebrados

A maioria das espécies é de invertebrados e a maioria destes são insetos. Portanto, os invertebrados são quase sinônimos de biodiversidade. Estudos em Alter do Chão mostraram que é relativamente fácil coletar um grande

2007, Cunha *et al.* 2010, Vale 2011a). This is because of the difficulty of identifying sterile material. Flowering and fruiting are seasonal in most species of trees, and individual trees may only flower at multiyear intervals (e.g. Alencar 1994). Some species show masting behavior, which means that all individuals flower synchronously at multiyear intervals (Kelly 1994). Identification of sterile material is difficult, and for many families and genera it is uncertain. Studies are relatively easy in Reserva Ducke despite the large number (>1000) of tree species because there is a guide to the flora which includes keys to sterile features (Ribeiro *et al.* 1999), but such guides are not available for most rainforest areas. Identification of sterile individuals is much easier in temperate and subtropical forests, such as the eucalypt forests of Australia and the forest fragments in the Pantanal, where there are far fewer species (e.g. Butler 2007, Cunha *et al.* 2010).

Despite the difficulties, information on the species composition of the forest can be critical for other studies. Identification of species allows more accurate estimates of forest biomass because different species have different wood densities (Chave *et al.* 2006, Castilho *et al.* 2010, Silva 2011). The possibility of linking subsequent studies to information that requires a long time to obtain is one of the principle advantages of working in long-term ecological-research sites when possible (Magurran *et al.* 2010, Feeley *et al.* 2011, Weng and Luo 2011). Some subgroups of trees may be much easier to identify. Costa *et al.* (2009) studied palms in Reserva Ducke and showed that many have distributions closely related to topographical gradients. Scabin *et al.* (2011) studied trees with economically valuable wood where a virtual grid intersected with islands

número de invertebrados utilizando métodos padronizados. No entanto, eles também mostraram que os custos do processamento do material podem ser inviáveis e que é essencial o planejamento para limitar a quantidade de material coletado, ou a quantidade de material processado, se os invertebrados forem incluídos em pesquisas de biodiversidade (Santos *et al.* 2007). O projeto TEAM abandonou a amostragem de formigas porque era muito cara. No entanto, descobrimos que alguns grupos, como formigas (Oliveira *et al.* 2009, Souza *et al.* 2012, Baccaro *et al.* 2012) e besouros rola-bosta (Vulinac *et al.* 2008, Louzada *et al.* 2010) foram relativamente fáceis de coletar

in the Anavilhanas Archipelago and showed that harvesting was related to accessibility, and line-transect methodology was applied in RAPELD modules along the BR 163 highway to map the distribution of economically valuable timber trees (Gomes and Albernaz 2013).

The importance of trees to other biodiversity seems to justify their inclusion as taxa to be studied in long-term ecological-research sites, even when the studies will be expensive and the results may not come quickly.

Invertebrates

Most species are invertebrates, and most of these are insects. Therefore, invertebrates



- Para alguns grupos, como as formigas, diferentes métodos de coleta podem amostrar componentes diferentes da assembleia, o que pode influenciar a interpretação ecológica.
- For some groups, such as ants, different collection methods may sample different components of the assembly, which can influence the ecological interpretation.

e processar, e eles parecem ser bons indicadores de processos ecológicos porque interagem com muitos outros grupos taxonômicos dentro da assembleia. McGeoch *et al.* (2002) e Gardner *et al.* (2008) recomendaram besouros rola-bosta para pesquisas sobre a biodiversidade em florestas tropicais e Borcard *et al.* (2011) utilizaram ácaros oribatídeos para ilustrar muitas das técnicas em ecologia numérica.

Mesmo dentro de um único grupo, como as formigas, diferentes métodos de coleta amostram componentes diferentes da assembleia (Souza *et al.* 2009, Silva & Marques 2010, Souza *et al.* 2012). O método de coleta e, portanto, a assembleia amostrada, devem refletir a questão do pesquisador e a interpretação ecológica pode depender da assembleia amostrada (Baccaro *et al.* 2012). Em alguns casos, pode ser possível a utilização de níveis taxonômicos superiores para reduzir os custos de processamento sem a perda de informação ecológica (Souza 2009). Comparações entre grades mostraram que os processos de dominância estruturando as comunidades de formigas variam geograficamente dentro do bioma amazônico (Baccaro *et al.* 2012).

Coletar invertebrados na infraestrutura RAPELD é relativamente fácil e pesquisas têm sido realizadas para ácaros (Moraes *et al.* 2011), pseudoescorpões (Aguar *et al.* 2006), formigas (Baccaro *et al.* 2012, Souza *et al.* 2012), quironomídeos (Reis 2007), tricópteros (Landeiro *et al.* 2011), insetos aquáticos em geral (Lopes *et al.* 2008) e invertebrados do solo (Franklin *et al.* 2008).

are almost synonymous with biodiversity. Studies at Alter do Chão had shown that it is relatively easy to collect large numbers of invertebrates using standardized methods. However, they also showed that the costs of processing the material can be prohibitive, and that planning to limit the amount of material collected, or the amount of material processed, is essential if invertebrates are to be included in biodiversity surveys (Santos *et al.* 2007). The TEAM project had abandoned ant sampling because it was too expensive. However, we found that some groups, such as ants (Oliveira *et al.* 2009, Souza *et al.* 2012, Baccaro *et al.* 2012) and dung beetles (Vulinec *et al.* 2008, Louzada *et al.* 2010), were relatively easy to collect and process, and they appeared to be good indicators of ecological processes because they interact with many other taxonomic groups within the assemblage. McGeoch *et al.* (2002) and Gardner *et al.* (2008) recommended dung beetles for biodiversity surveys in tropical forest, and Borcard *et al.* (2011) used oribatid mites to illustrate many of the techniques in numerical ecology.

Even within a single group, such as ants, different collecting methods sample different components of the assemblage (Souza *et al.* 2009, Silva and Marques 2010, Souza *et al.* 2012). The collecting method, and therefore the assemblage sampled, should reflect the question of the researcher, and the ecological interpretation may depend on the assemblage sampled (Baccaro *et al.* 2012). In some cases, it may be possible to use higher taxonomic levels to reduce processing costs without loss of ecological information (Souza 2009). Comparisons among grids showed that the dominant processes structuring ant communities vary geographically within the Amazon biome (Baccaro *et al.* 2012).

Métodos para coletar invertebrados são muitas vezes passivos e genéricos. Por exemplo, armadilhas de Winkler e armadilhas de queda usadas para capturar formigas também coletam aranhas, baratas e outros grupos. O custo de obtenção de material em termos de dinheiro e mão de obra muitas vezes é alto (Gardner *et al.* 2008) e coletores podem estar expostos a riscos consideráveis, especialmente em áreas remotas onde o transporte é primitivo e doenças potencialmente fatais, como a malária e a cólera, são comuns. Por outro lado, comparando o desempenho da armadilha pitfall, do extrator de Winkler e da isca de sardinha para a coleta de formigas, a armadilha pitfall foi a técnica mais eficiente, permitindo uma redução de 48% nos custos e 43% no tempo que seria necessário para processar

Collecting invertebrates within RAPELD infrastructure is relatively easy, and surveys have been undertaken of mites (Moraes *et al.* 2011), pseudoscorpions (Aguiar *et al.* 2006), ants (Baccaro *et al.* 2012, Souza *et al.* 2012), chironomids (Reis 2007), Trichoptera (Landeiro *et al.* 2011), aquatic insects in general (Lopes *et al.* 2008), and soil invertebrates (Franklin *et al.* 2008). Methods for collecting invertebrates are often passive and generic. For instance, Winkler bags and pit-fall traps used to catch ants also collect spiders, cockroaches and other groups. The cost of obtaining the material in terms of money and manpower is often high (Gardner *et al.* 2008), and collectors may be exposed to considerable risks, especially in remote areas where transport is primitive and potentially fatal diseases, such as Malaria and Cholera are common. Otherwise, comparing the performances of pitfall traps, Winkler extractor and sardine baits to sample ants, the pitfall traps was the most efficient technique, allowing the reduction of 48% in costs and 43% in time that would be necessary to process the material sampled with all three techniques (Souza *et al.* 2012). Provision of technicians to sort all the material to the level of order, family or genus may increase the value of the collection by several orders of magnitude, and identification to morphospecies by non-specialists may be sufficient for many questions (Oliver and Beattie 1996). Taxonomic specialists will not, and should not, devote their time to sorting through masses of invertebrates in undifferentiated lots. However, it is in their interest to identify material if it has already been sorted to a level that they can quickly identify the species in the group for



- O ácaro *Schalleria cruciata*. Para táxons hiperdiversos, como invertebrados, triar o material coletado antes da participação de especialistas pode ser uma das formas mais econômicas de se aumentar o valor das coletas e identificar o material em coleções.
- The mite *Schalleria cruciata*. For hiperdiverse taxa, such as invertebrates, to screen the material collected prior to the participation of experts can be one of the most economical ways to increase the value of samples and identify the material in collections.

o material coletado com todas as três técnicas (Souza et al. 2012). O fornecimento de técnicos para classificar todo o material em nível de ordem, família ou gênero pode aumentar o valor da coleção em várias ordens de magnitude e a identificação em morfoespécies por não-especialistas pode ser suficiente para muitas questões (Oliver & Beattie 1996). Especialistas em taxonomia não vão, e não devem, dedicar seu tempo para triar toneladas de invertebrados em lotes indiferenciados. No entanto, é do seu interesse identificar material se este já tiver sido organizado a um nível em que eles podem rapidamente identificar as espécies do grupo para o qual têm experiência. **A provisão de fundos para realizar uma triagem preliminar e trazer especialistas para identificar o material em coleções pode ser uma das formas mais econômicas de se aumentar o valor das coletas de campo de táxons hiperdiversos**, como invertebrados. É triste, e talvez imoral, que a maior parte do material coletado nas pesquisas de invertebrados seja jogada fora após o coletor ter extraído os táxons em que ele está interessado, embora isso seja uma consequência lógica de se seguir os procedimentos fortemente orientados para questões, defendidos por muitos pesquisadores.

Micro-organismos

Há mais indivíduos de micro-organismos e, na maioria dos ambientes, uma biomassa maior de micro-organismos do que os maiores animais e plantas.

which they have expertise. **Provision of funds for preliminary sorting and bringing specialists to identify material in collections may be one of the most economical forms of increasing the value of field collections of hyperdiverse taxa**, such as invertebrates. It is sad, and perhaps immoral, that most of the material collected in invertebrate surveys is thrown out after the collector has extracted the taxa in which they are interested, though this is a logical consequence of following the strongly question-oriented procedures advocated by many researchers.

Micro-organisms

There are more individual micro-organisms, and in most environments a greater biomass of micro-organisms, than larger animals and plants. Micro-organisms do not form a natural group. Some are animals, others are fungi or plants, and some belong to their own kingdoms. Apart from being superabundant, about the only thing they have in common is that we cannot see them with the naked eye. Despite being hard to see, they control many of the processes that are critical to our survival, such as decomposition of organic matter, fixation of nitrogen, production of antibiotics, fixation of carbon and release of oxygen in the oceans. They are involved in many of the most important biological interactions (e.g. Goodman and Johnson 2011, Schnitzer *et al.* 2011). Some of the organelles that macro-organisms possess in their cells, such as mitochondria and chloroplasts, are micro-organisms that were captured by, or parasitized, the cells of larger organisms in the remote past, and have since

Os micro-organismos não formam um grupo natural. Muitos são animais, outros são fungos ou plantas e alguns pertencem aos seus próprios reinos. Além de superabundantes, a única coisa que têm em comum é que não podemos vê-los a olho nu. Embora sejam difíceis de ver, eles controlam muitos dos processos que são fundamentais para nossa sobrevivência, como a decomposição de matéria orgânica, a fixação de nitrogênio, a produção de antibióticos, a fixação de carbono e a liberação de oxigênio nos oceanos. Eles estão envolvidos em muitas das interações biológicas mais importantes (por exemplo, Goodman & Johnson 2011, Schnitzer *et al.* 2011). Algumas

become symbiotic. Viruses are technically not organisms, but they fit within our definition of micro-organism because they are small, reproduce, and affect larger organisms.

Because they are small and have incredible rates of reproduction, micro-organisms provide the best opportunities to mass produce useful chemicals. We already use them to make bread and produce alcohol in enormous quantities, and they are important in the production of many other foodstuffs. Their ability to reproduce quickly and invade cells also makes them ideal for genetic engineering. While humans have recognized, and sometimes revered, many aspects of biodiversity for tens or hundreds of thousands of years, recognition of micro-organisms is relatively recent and most



- *Cordyceps amazonica*, uma espécie de fungo parasita de grilos e gafanhotos, na Reserva Ducke. A maior parte dos processos ecossistêmicos são influenciados por micro-organismos.
- *Cordyceps amazonica*, a parasitic fungus species of crickets and grasshoppers, in the Ducke Reserve.
- Most ecosystem processes are influenced by micro-organisms.

das organelas que macro-organismos possuem em suas células, como mitocôndrias e cloroplastos, são micro-organismos que foram capturados, ou parasitados, pelas células de organismos maiores em um passado remoto e desde então se tornaram simbióticos. Os vírus tecnicamente não são organismos, mas eles se encaixam dentro da nossa definição de micro-organismo porque são pequenos, se reproduzem e afetam organismos maiores.

Micro-organismos fornecem as melhores oportunidades de produção em massa de produtos químicos úteis porque são pequenos e têm taxas de reprodução incríveis. Nós já os usamos para fazer pão e produzir álcool em enormes quantidades, e eles são importantes na produção de muitos outros produtos alimentares. Sua capacidade de se reproduzir rapidamente e invadir células também os tornam ideais para a engenharia genética. Enquanto os seres humanos têm reconhecido, e por vezes reverenciado, muitos aspectos da biodiversidade por dezenas ou centenas de milhares de anos, o reconhecimento dos micro-organismos é relativamente recente e a maioria dos micro-organismos só foi reconhecida a partir do advento dos testes bioquímicos e técnicas avançadas de genética.

Como não podemos vê-los, nós pensamos em micro-organismos como doenças ou processos, os quais só fazem sentido se vistos em termos de organismos maiores e do ambiente. O sistema RAPELD é sobre estudos integrados de organismos (este capítulo) e do ambiente (Capítulo 5).

micro-organisms have only been recognized since the advent of biochemical testing and advanced genetic techniques.

As we cannot see them, we think of micro-organisms as diseases or processes, both of which only make sense if viewed in terms of larger organisms and the environment. The RAPELD system is about integrated studies of organisms (this chapter) and the environment (Chapter 5). It therefore makes sense to study micro-organisms within an integrated framework rather than in isolated projects. However, to date, there have been few studies of micro-organisms in RAPELD systems. Regina Luizão (pers. comm.) has studied microbial biomass, and Braga-Neto *et al.* (2008) investigated the macroscopic part (fruiting bodies) of leaf-litter fungi in relation to rainfall and topography. Studies of micro-organisms in RAPELD grids and modules have much to offer for understanding the micro-organisms and their effects on the rest of biodiversity.

Vertebrates

Humans tend to assign greater value to biodiversity represented by vertebrates than other groups because we are mammals. As eloquently stated by Pearson in 1892 (Pearson 2007), there is no absolute reality, only the evidence of our senses. Therefore, only organisms with similar senses can share the same reality. Organisms further from us phylogenetically tend to have more different senses, and therefore, more different realities. While we can question that value system as scientists, politicians cannot afford to do so. Any biodiversity monitoring system that excludes vertebrates is unlikely to maintain

Portanto, faz sentido estudar os micro-organismos dentro de um contexto integrado e não em estudos isolados. No entanto, até o momento, poucos estudos de micro-organismos foram feitos em sistemas RAPELD. Regina Luizão (*com. pess.*) estudou a biomassa microbiana, e Braga-Neto *et al.* (2008) investigaram a porção macroscópica (os corpos de frutificação) de fungos decompositores de serrapilheira em relação à precipitação e à topografia na Reserva Ducke. Estudos de micro-organismos em grades e módulos RAPELD têm muito a oferecer para a compreensão dos micro-organismos e seus efeitos sobre o resto da biodiversidade.

funding support in the long term, and is unlikely to attract large numbers of unpaid volunteers. The public will support studies of plants or invertebrates, but often only if we can show the relevance of those studies for vertebrates.

Non-flying small mammals are generally studied in trapping grids, usually with the objective of studying population parameters. Such grids are usually small, typically one to four hectares, and it is unlikely that the individuals contained within the grid form a distinct population in any sense of the word except “those organisms that occur in my study area.” One of the lessons we learned from Alter do Chão was that, within larger areas, the dynamics of the population in local areas can be largely uncoupled, even though



- Marmosa murina, um marsupial amplamente distribuído na Amazônia. As grades e módulos RAPELD oferecem infraestrutura útil que permite intensificar a amostragem de pequenos mamíferos na paisagem.
- Marmosa murina, a marsupial widely distributed in the Amazon. RAPELD grids and modules offer useful infrastructure that allows the intensification of small mammals sampling in the landscape.

Vertebrados

Os seres humanos tendem a atribuir maior valor à biodiversidade representada por vertebrados do que por outros grupos, pois somos mamíferos. Como eloquentemente declarado por Pearson em 1892 (Pearson 2007), não há nenhuma realidade absoluta, apenas a evidência de nossos sentidos. Portanto, somente organismos com sentidos semelhantes podem compartilhar a mesma realidade. Organismos filogeneticamente mais distantes de nós tendem a ter sentidos mais diferentes e, portanto, realidades mais diferentes. Enquanto podemos questionar esse sistema de valores como cientistas, os políticos não podem se dar ao luxo de fazê-lo. É improvável que um sistema de monitoramento da biodiversidade que não inclua vertebrados mantenha o apoio de financiadores no longo prazo e é improvável que atraia um grande número de voluntários não remunerados. O público vai apoiar estudos de plantas ou invertebrados, mas muitas vezes só se pudermos mostrar a relevância desses estudos para os vertebrados.

Mamíferos não voadores de pequeno porte são frequentemente estudados em grades de armadilhas, em geral com o objetivo de se estudar parâmetros demográficos. Essas grades costumam ser pequenas, tipicamente de 1 a 4 ha e é improvável que os indivíduos contidos dentro da grade formem uma população distinta em qualquer sentido da palavra, exceto para “os organismos que ocorrem na minha área de estudo”. Uma das lições que aprendemos com Alter do Chão foi a de que dentro de áreas maio-

the regional total number of individuals is increasing or decreasing (Layme *et al.* 2004, Ghizoni *et al.* 2005). Such landscape studies of small mammals are rare, but could easily be implemented in RAPELD grids. Understanding the effects of climate change may only be possible if local dynamics are put into the context of what is happening in the surrounding landscape (e.g. Magnusson *et al.* 2010).

Studies of non-flying small mammals in a RAPELD grid in the Pantanal wetland revealed a reduction in diversity associated with the use of exotic pasture species (Chupel 2008). Other studies of small mammals in RAPELD modules are still underway and the results are not yet publicly available. However, they indicate that **the number of species detected using RAPELD methodology is much greater than the number**



- *Irapuca*, *Podocnemis erythrocephala*. Tartarugas e jacarés são difíceis de serem amostrados rapidamente, e têm baixa diversidade, de modo que poucos estudos nas grades RAPELD foram realizados.
- Red-headed Amazon River Turtle, *Podocnemis erythrocephala*. Turtles and crocodilians are difficult to survey quickly, and have low diversity, so they have been the focus of few studies in RAPELD grids.

res a dinâmica da população em áreas locais pode ser fortemente desacoplada, mesmo que o número de indivíduos total na região esteja aumentando ou diminuindo (Layme *et al.* 2004, Ghizoni *et al.* 2005). Estudos da paisagem como estes de pequenos mamíferos são raros, mas poderiam ser facilmente implementados em grades RAPELD. Compreender os efeitos da mudança climática só poderá ser possível se as dinâmicas locais forem colocadas no contexto do que está acontecendo na paisagem adjacente (por exemplo, Magnusson *et al.* 2010).

Estudos de pequenos mamíferos não voadores em uma grade RAPELD no Pantanal revelaram uma redução na diversidade associada ao uso de espécies exóticas nos pastos (Chupel 2008). Outros estudos de pequenos mamíferos em módulos RAPELD ainda estão em andamento e os resultados ainda não estão disponíveis publicamente. No entanto, eles indicam que **o número de espécies detectadas usando metodologia RAPELD é muito maior do que o número detectado em áreas vizinhas utilizando técnicas convencionais e níveis de esforço similares**. Um grande problema na maioria das áreas da Amazônia é a dificuldade de se identificar pequenos mamíferos a partir de características externas e é difícil a obtenção de autorizações para coletar todos os mamíferos capturados. No entanto, avanços nas técnicas moleculares podem reduzir este problema em um futuro próximo. Até então, apenas um estudo publicado sobre morcegos foi realizado em uma grade RAPELD



- *O tatu-galinha, Dasypus novemcinctus. O sistema de trilhas oferece acesso a grandes áreas de forma sistemática, uma boa oportunidade para a realização de estudos de mamíferos de médio e grande porte.*
- *The nine-banded long-nosed armadillo, Dasypus novemcinctus. The trail system provides access to large areas in a systematic way, representing a good opportunity for studies of medium and large mammals.*

detected in neighboring areas using conventional techniques and similar levels of effort.

A major problem in most areas of the Amazon is the difficulty of identifying small mammals from external characteristics, and it is difficult to obtain permits to collect all mammals captured. However, advances in molecular techniques may reduce this problem in the near future. To date, only one published study of bats has been carried out in a standard RAPELD grid (Silva and Marques 2010), but studies in the Atlantic forest show that the number of sites sampled is more important than the number of nights sampled per site, which indicates that distributing sampling in plots distributed across the landscape, such as in RAPELD systems, will increase the number of species detected in relation to conventional surveys in which nets are left

padrão (Silva & Marques 2010), mas estudos na Mata Atlântica mostram que o número de locais amostrados é mais importante que o número de noites amostradas por local. Isso indica que a distribuição de amostragem em parcelas distribuídas ao longo da paisagem, como no sistema RAPELD, irá aumentar o número de espécies detectadas em relação a pesquisas convencionais em que as redes são deixadas em um lugar por muitas noites (Esbérard & Bergallo 2008). O desenho hierárquico das grades e módulos RAPELD é ideal para a partição da diversidade beta de assembleias de morcegos em diferentes escalas espaciais (Peche-Canche *et al.* 2011, Meyer *et al.* 2011). Mamíferos de médio e grande porte normalmente são estudados sobre grandes áreas, e trilhas facilitam acesso, mesmo se for somente para a instalação de câmeras fotográficas (por exemplo, Ahumada *et al.* 2011) ou armadilhas de pegadas (Prado 2008). Trilhas em linha reta são ideais para levantamentos de transecção de linha para mamíferos terrestres (Prado 2008) e arborícolas (Cordeiro 2008, Mendes Pontes *et al.* 2012).

Pássaros interessam a muitas pessoas e eles têm muitas características que os tornam fáceis de estudar (Gardner *et al.* 2008). A maioria é diurna, muitos são coloridos, se movem mais frequentemente do que a maioria dos outros animais e usam o vôo, em vez de refúgios, para evitar predadores. Porque eles são fáceis de ver, e as pessoas gostam deles, existem bons guias de campo para as aves de qualquer região do planeta e a maior parte das características que os taxonomistas usam para definir as espécies

in the one place for many nights (Esbérard and Bergallo 2008). The hierarchical design of RAPELD grids and modules is ideal for partitioning beta diversity in bat assemblages at different spatial scales (Peche-Canche *et al.* 2011, Meyer *et al.* 2011). Medium and large mammals are usually studied over large areas, and trails facilitate access even if only for installing camera (e.g. Ahumada *et al.* 2011) or print traps (Prado 2008), and the straight-line trails are ideal for line-transect surveys of terrestrial (Prado 2008) and arboreal mammals (Cordeiro 2008, Mendes Pontes *et al.* 2012).

Birds interest many people and they have many characteristics that make them easy to study (Gardner *et al.* 2008). Most are diurnal, many are colorful, they move around more frequently than most other animals, and they use flight rather than refuges to avoid predators. Because they are easy to see, and people like them, there are good field guides to the birds of any region on earth, and most of the characteristics that taxonomists use to define species can be seen at a distance. However, people vary greatly in their ability to detect birds (Remsen 1994, Simons *et al.* 2007, Alldredge *et al.* 2008), and corrections for detectability should be part of any visual (e.g. Buckland *et al.* 2005, Chelgren *et al.* 2011) or auditory (McClintock *et al.* 2010a,b, Miller *et al.* 2011) survey. Studies using mist nets should take into account the possibility of biases due to differences in the height at which birds fly in different vegetation formations (Remsen and Good 1996), but generally produce less biased estimates than other methods (Dunn and Ralph 2004).

Barros and Cintra (2009) used a RAPELD grid to study differences in habitat use by different species of owls. Access to the forest was very important and showed that

pode ser vista à distância. No entanto, as pessoas variam muito em sua capacidade de detectar as aves (Remsen 1994, Simons *et al.* 2007, Alldredge *et al.* 2008) e correções para a detecção imperfeita devem ser parte de qualquer pesquisa visual (por exemplo, Buckland *et al.* 2005, Chelgren *et al.* 2011) ou auditiva (McClintock *et al.* 2010a, b, Miller *et al.* 2011, Meyer *et al.* 2011). Estudos utilizando redes de neblina devem levar em conta a possibilidade de vieses devido a diferenças na altura em que os pássaros voam em formações vegetais diferentes (Remsen & Good 1996), mas geralmente fornecem estimativas menos

a species usually considered rare was one of the most common species encountered. Renato Cintra and Luciano Naka also used the grid to distribute nets and to undertake auditory surveys for diurnal species (Cintra 2008). That study greatly increased the number of species known to use the reserve. Bueno (2008) used mist nets in uniformly-distributed plots and riparian plots to study the distribution of birds within the standard RAPELD grid (25 km²) in Reserva Ducke. The main conclusion of that study was that birds recognize a much wider riparian zone than is protected by Brazilian legislation (Bueno *et al.* 2012). Menger (2011) used auditory surveys in RAPELD modules along the BR 319 highway



● A Suaçubóia, *Corallus hortulanus*. Arborícola, vive nas florestas da Amazônia, sendo normalmente encontradas em baixas altitudes. Alimentam-se de roedores e outros pequenos vertebrados, como répteis, anfíbios e aves, matando suas presas por constricção. Apresenta variação nos padrões de coloração ao longo de sua distribuição.

● The Amazon Tree Boa, *Corallus hortulanus*, is arboreal, lives in Amazon forests, and is usually found at low altitudes. They feed on rodents and other small vertebrates, such as reptiles, amphibians and birds, killing their prey by constriction. It has wide variation in color patterns throughout its distribution.

enviesadas que outros métodos (Dunn & Ralph 2004).

Barros & Cintra (2009) usaram uma grade RAPELD para estudar as diferenças no uso do habitat por diferentes espécies de corujas. O acesso à floresta foi muito importante e mostrou que uma espécie geralmente considerada rara foi uma das espécies mais comuns encontradas. Renato Cintra e Luciano Naka também usaram a grade para distribuir redes e realizar pesquisas auditivas para espécies diurnas (Cintra 2008). Esse estudo aumentou grandemente o número de espécies conhecidas que utilizam a reserva. Bueno (2008) usou redes de neblina em parcelas uniformemente distribuídas e parcelas ripárias para estudar a distribuição de aves dentro da grade RAPELD padrão (25 km²) na Reserva Ducke. A principal conclusão deste estudo foi a de que os pássaros reconhecem uma zona ripária muito mais ampla do que é protegida pela legislação brasileira (Bueno *et al.* 2012). Menger (2011) utilizou pesquisas auditivas em módulos RAPELD ao longo da rodovia BR-319 para estudar a eficácia de indicadores de sensoriamento remoto usados frequentemente para prever a biodiversidade e a complementaridade de aves.

Répteis, especialmente lagartos, têm sido considerados organismos modelo para estudos ecológicos (Huey *et al.* 1983) e existem evidências que muitas espécies podem ser muito sensíveis ao aquecimento global (Sinervo *et al.* 2010). Eles tendem a ocorrer em altas densidades e são relativamente fáceis de coletar ou identificar à distância. Dentro das florestas, as espécies tendem a ser

para estudar a efetividade de comumente usados sensores remotos para prever a biodiversidade e complementaridade.

Répteis, especialmente lagartos, têm sido considerados organismos modelo para estudos ecológicos (Huey *et al.* 1983) e há evidências de que muitas espécies são suscetíveis ao aquecimento global (Sinervo *et al.* 2010). Eles tendem a ocorrer em altas densidades e são relativamente fáceis de coletar ou identificar à distância. Dentro das florestas, as espécies tendem a ser fortemente associadas com habitats particulares, mas poucas espécies são comuns em florestas e áreas perturbadas, o que poderia torná-las excelentes indicadores de degradação do habitat (Pinto 2006). Uma das lições dos estudos de lagartos é que as variáveis ambientais que preveem a abundância em uma área podem ter muito pouco poder preditivo em outras áreas (Lobão 2008), e há pouca diversidade beta de assembleias de lagartos em grandes áreas (Moraes 2008). Um ou mais clados de lagartos conhecidos como serpentes representam a maior biodiversidade de répteis (Vitt *et al.* 2008). Assembleias de serpentes têm sido estudadas na Reserva Ducke (Abrahão 2007, Fraga 2009, Fraga *et al.* 2011). No entanto, o esforço de amostragem necessário para detectar a maioria das serpentes é muito alto, coletar pode expor pesquisadores a um risco considerável em áreas com espécies muito venenosas, e a maioria das espécies tem grandes faixas geográficas. Portanto, **embora algumas espécies de serpentes sejam de interesse para estudos ecológicos ou médicos, elas não são boas candidatas para responder a muitas perguntas sobre biodiversidade.**

Outros répteis, como quelônios e crocodilianos, são frequentemente grandes, atraem a atenção do público e muitas espécies são consideradas raras ou ameaçadas. Sanchez

onipresentes e poucas espécies estão fortemente associadas com habitats em particular, mas poucas são comuns às florestas e áreas perturbadas, o que poderia torná-las excelentes indicadores de degradação do habitat (Pinto 2006). Uma das lições dos estudos com lagartos é que as variáveis ambientais que predizem a abundância em uma área podem ter muito pouco poder de previsão para outras áreas (Lobão 2008) e há pouca diversidade beta das assembleias de lagartos em grandes áreas (Moraes 2008). Um ou mais clados de lagartos conhecidos como cobras representam a maioria da biodiversidade dos répteis (Vitt *et al.* 2008). Assembleias de cobras têm sido estudadas na Reserva Ducke (Abraão 2007, Fraga 2009, Fraga *et al.* 2011). No entanto, o esforço de amostragem necessário para se detectar a maioria das cobras é muito alto, a coleta pode expor pesquisadores a um risco considerável em áreas com espécies muito venenosas e a maioria das espécies tem extensão geográfica muito grande. Portanto, **embora algumas espécies sejam de interesse para estudos ecológicos ou médicos, elas não são boas candidatas para responder a maioria das questões sobre biodiversidade.**

Outros répteis, como quelônios e crocodilianos, muitas vezes são grandes, atraem a atenção do público e várias espécies são consideradas raras ou ameaçadas de extinção. Sanchez (2008) aproveitou-se da grade RAPELD na Reserva Ducke para estudar uma tartaruga mal conhecida, *Rhinemys rufipes*. Entretanto, embora dê acesso à floresta,



- Pithys albifrons capturado em rede de neblina na Reserva Ducke. Estudos sobre a distribuição de aves na grade de 25 km² indicam que algumas espécies reconhecem uma zona ripária muito mais ampla do que é protegida pela legislação brasileira atualmente.
- The White-plumed Antbird, *Pithys albifrons*, captured in a mist net at Reserva Ducke. Studies on the distribution of birds in the grid of 25 km² indicate that some species recognize a riparian zone much wider than is currently protected by Brazilian law.

(2008) took advantage of the RAPELD grid in Reserva Ducke to study a poorly-known turtle, *Rhinemys rufipes*, but apart from giving access to the forest, RAPELD infrastructure has not been used to systematically study chelonians or crocodilians. Sampling methods tend to be species specific, and labor intensive, so, although these species may be good candidates for population studies in some areas, they will not be the focus of most biodiversity studies.

Many species of amphibians are endangered, and the number of species in tropical and some subtropical regions can be large, rivaling birds and snakes in many areas. They also have considerable appeal to the public in many countries, and their

a infraestrutura RAPELD não tem sido usada para estudar sistematicamente quelônios ou crocodilianos. Os métodos de amostragem para estes organismos tendem a ser trabalhosos e espécie-específicos. Por isso, embora essas espécies possam ser boas candidatas para estudos demográficos em algumas áreas, elas não serão o foco da maioria dos estudos da biodiversidade.

Muitas espécies de anfíbios estão ameaçadas de extinção e o número de espécies em áreas tropicais e em algumas regiões subtropicais pode ser grande, equiparando-se com os pássaros e as cobras em muitas áreas. Anfíbios também têm um apelo considerável para o público em muitos países e suas vocalizações fazem muitas espécies serem fáceis de detectar, apesar dos hábitos noturnos e crípticos. Embora tenham uma diversidade de estratégias reprodutivas (Lima *et al.* 2008), muitos estão intimamente associados com corpos d'água abertos, o que pode limitar seu uso para algumas questões (Zimmerman & Bierregaard 1986). Sapos foram pesquisados em muitas grades RAPELD (Guimarães 2004, Menin *et al.* 2007, Brun 2008, Menin *et al.* 2008a,b, Ribeiro 2010, Rodrigues *et al.* 2010, Campos 2012). Em geral, esses estudos têm confirmado a importância de corpos d'água abertos para se determinar as distribuições da maioria das espécies e que parcelas ripárias podem ser necessárias para o monitoramento eficaz das espécies associadas com corpos d'água maiores. No entanto, em áreas mais úmidas da região amazônica, muitas espécies são diurnas e não são dependentes de

vocalizações make many species easy to survey, despite nocturnal and cryptic habitats. Although they have a diversity of reproductive strategies (Lima *et al.* 2008), many are closely associated with open-water bodies, which may limit their use for some questions (Zimmerman and Bierregaard 1986). Frogs have been surveyed in many RAPELD grids (Guimarães 2004, Menin *et al.* 2007, Brun 2008, Menin *et al.* 2008a,b, Ribeiro 2010, Rodrigues *et al.* 2010, Campos 2012), and



- *O jacaré-açu, Melanosuchus niger. Quelônios e crocodilianos são importantes componentes da biodiversidade na Amazônia, mas eles não têm sido estudados com o sistema RAPELD, pois a amostragem tende a ser trabalhosa e espécie-específica.*
- *The black caiman, Melanosuchus niger. Turtles and crocodilians are important components of biodiversity in the Amazon, but they have not been studied with the RAPELD system because sampling tends to be labor intensive and species-specific.*

corpos d'água grandes para a reprodução. Estas espécies apresentam baixa especificidade de habitat em florestas não perturbadas (Menin *et al.* 2007), mas raramente ocorrem em outras florestas em regeneração ou perturbadas. Portanto, em muitas áreas elas podem ser bons candidatos para monitorar os efeitos das intervenções humanas, tais como práticas de manejo florestal. O número de sapos detectados em uma unidade de amostragem geralmente varia muito sazonalmente ou mesmo ao longo de alguns dias, dependendo das condições climáticas. Além disso, observadores tendem a diferir muito em sua capacidade de identificar os organismos a partir de suas vocalizações (McClintock *et al.* 2010a,b, Miller *et al.* 2011). Portanto, amostragens repetidas e a utilização de técnicas estatísticas para se estimar a detectabilidade e a ocupação (por exemplo, Chelgren *et al.* 2011, Miller *et al.* 2011) são fortemente recomendadas para muitas questões relacionadas com os anfíbios.

A qualidade da água tende a refletir as condições em toda a bacia de captação, de modo que os organismos aquáticos podem ser indicadores sensíveis de mudanças nos processos que ocorrem ao longo da paisagem. Os peixes são frequentemente abundantes, importantes nos processos do ecossistema (por exemplo, Small *et al.* 2011) e razoavelmente fáceis de se capturar e identificar, mas os equipamentos de captura e técnicas de amostragem variam de acordo com a profundidade do corpo d'água. Pesquisadores do RAPELD estão apenas começando a desenvolver métodos

these studies have generally confirmed the importance of open-water bodies in determining the distributions of most species, and riparian plots may be necessary to efficiently monitor species associated with larger water bodies. However, in more humid areas in the Amazon region, many species are diurnal and are not dependent on large water bodies for reproduction. These species show little habitat specificity in undisturbed forest (Menin *et al.* 2007), but rarely occur in regrowth or other disturbed forests. Therefore, in many areas, they may be good candidates for monitoring the effects of human interventions, such as forestry practices. The number of frogs detected in a sampling unit often varies enormously seasonally, or even over a few days, depending on weather conditions. Also, observers tend to differ widely in their capacity to identify organisms from their vocalizations (McClintock *et al.* 2010a,b, Miller *et al.* 2011). Therefore, repeat surveys and use of statistical techniques to estimate detectability and occupation (e.g. Chelgren *et al.* 2011, Miller *et al.* 2011) are strongly recommended for many questions relating to amphibians.

Water quality tends to reflect the conditions throughout the catchment, so aquatic organisms may be sensitive indicators of changes in processes occurring throughout the landscape. Fish are often abundant, important in ecosystem processes (e.g. Small *et al.* 2011), and reasonably easily captured and identified, but capture equipment and survey techniques vary with the depth of the water body. RAPELD researchers are only starting to develop standard methods for large rivers, lakes and marine environments. To date, most work has focused on shallow water bodies, such as first and second order

padronizados para grandes rios, lagos e ambientes marinhos. Até o momento, a maioria dos trabalhos tem-se concentrado em corpos d'água superficiais, tais como riachos de primeira e segunda ordem, bem como savanas inundadas. O Projeto Igarapés, coordenado por Jansen Zuanon, desenvolveu técnicas para levantamentos de pequenos riachos (<http://www.igarapes.bio.br/>), as quais resultaram na metodologia padronizada utilizada para parcelas aquáticas em riachos de primeira e segunda ordem (Mendonça *et al.* 2005). **Os estudos na Reserva Ducke mostraram a**

streams, and flooded savannas. The Igarapés project coordinated by Jansen Zuanon has developed techniques for surveys of small streams (<http://www.igarapes.bio.br/>), which resulted in standardized methodology used for aquatic plots in first and second order streams (Mendonça *et al.* 2005). **The studies in Reserva Ducke showed the necessity of evaluating ecosystem processes in apparently uniform tropical forest.** The eastern and western watersheds differ in species composition (Mendonça *et al.* 2005) and water chemistry (Mendonça *et al.* 2008). Continued studies in the Ducke



● O sapo *Adelphobates quinquevittatus*, em uma floresta de terra-firme primária na margem esquerda do Rio Madeira. Em florestas úmidas, muitas espécies de sapo são diurnas e capazes de se reproduzir longe dos corpos d'água maiores. Estas espécies apresentam baixa especificidade de hábitat em florestas sem perturbação, mas raramente ocorrem em florestas em regeneração ou perturbadas.

● *The Rio Madeira Poison-Frog, Adelphobates quinquevittatus, in terra-firme mature forests on the left bank of Madeira River. In moist forests, many frog species are diurnal and are able to reproduce away from larger water bodies. These species have low habitat specificity in undisturbed forests, but rarely occur in regenerating or disturbed forests.*

necessidade de se avaliar processos ecossistêmicos em florestas tropicais aparentemente uniformes.

As bacias orientais e ocidentais da Reserva Ducke diferem em composição de espécies (Mendonça *et al.* 2005) e química da água (Mendonça *et al.* 2008). Estudos continuados no sítio PELD da Reserva Ducke têm mostrado mudanças sazonais que refletem as migrações laterais conhecidas dos grandes rios (Espírito-Santo *et al.* 2009) e têm sido utilizados para avaliar os efeitos de coletas repetidas (Espírito-Santo *et al.* 2011). A mesma metodologia tem sido utilizada para avaliar padrões biogeográficos em larga escala (Mendonça 2010), efeitos da exploração seletiva de madeira sobre assembleias de peixes (Dias *et al.* 2009) e o efeito do uso de distâncias dendríticas, em vez de distâncias euclidianas, em análises espaciais usando auto-vetores (Landeiro *et al.* 2011).

Peixes interagem com o ambiente terrestre ao redor de corpos de água, especialmente onde eles têm acesso sazonal para as planícies aluviais. Isso ocorre mesmo em torno de pequenos riachos tropicais com estreitas planícies aluviais (Espírito-Santo *et al.* 2009). Estudos de peixes na planície ampla do Pantanal podem ser realizados em parcelas RAPELD distribuídas uniformemente, sem necessidade de maior estratificação (Fernandes *et al.* 2010). Julio do Vale também usou parcelas uniformemente distribuídas para investigar as assembleias de peixes que usam as florestas alagadas em torno do Rio Branco e mostrou que um conjunto diverso de peixes usa a floresta mesmo em locais



- *Peixes interagem com o ambiente terrestre ao redor de corpos de água. O peixe Rivulus micropus é capaz de saltar para fora da água e locomover-se no solo entre poças temporárias presentes nos platôs.*
- *Fish interact with the terrestrial environment around water bodies. The fish Rivulus micropus is able to jump out of the water and move around on the ground between temporary ponds that occur on the plateaus.*

ATER site have shown seasonal changes that mirror lateral migrations known from large rivers (Espírito-Santo *et al.* 2009), and have been used to evaluate the effects of repeated collections (Espírito-Santo *et al.* 2011). The same methodology has been used to evaluate large-scale biogeographic patterns (Mendonça 2010), the effects of selective logging on fish assemblages (Dias *et al.* 2009), and the effect of using dendritic rather than Euclidean distances in spatial eigen-vector analyses (Landeiro *et al.* 2011).

Fish interact with the terrestrial environment around water bodies, especially where they have seasonal access to floodplains. This occurs even around small tropical streams with narrow floodplains (Espírito-Santo *et al.* 2009). Studies of fish in the wide floodplains of the Pantanal wetlands could be undertaken in uniformly-distributed RAPELD plots, without necessity for further stratification (Fernandes *et al.* 2010). Julio do Vale has

inundados apenas por chuva e longe de grandes rios (Vale 2011b). O fato de que os pesquisadores podem usar as mesmas parcelas para estudar os peixes e as árvores da floresta ilustra que a categorização *a priori* e a estratificação desnecessária podem levar à perda de informações de interações biológicas. Estudos de peixes em grades RAPELD irão aumentar com o desenvolvimento de novas técnicas e a inclusão de grupos que necessitam de equipamentos especiais para a amostragem, como os sarapós (Gymnotidae), que podem ser reconhecidos por seus característicos pulsos elétricos mesmo entocados. Borcard *et al.* (2011) usaram assembleias de peixes para ilustrar muitas técnicas estatísticas em ecologia numérica.

Selecionando táxons - O que escolher primeiro?

Muitas vezes, o fator limitante é a disponibilidade de taxonomistas que possam identificar as espécies (Evenhuis 2007). Contudo, mesmo quando eles estão disponíveis, **os taxonomistas muitas vezes não estão efetivamente integrados ao monitoramento ecológico** (Gotelli 2004). A resolução da falta de taxonomistas talvez seja mais um problema a ser tratado pelo PPBio do que pelo RAPELD, mas algumas considerações sobre amostragem podem ser importantes. O *barcoding* de DNA e outras técnicas moleculares podem permitir a identificação de espécies mesmo que não tenham sido formalmente descritas, e muitas vezes detectam espécies crípticas não reconhecidas pela taxonomia

also used uniformly-distributed plots to investigate the assemblages of fish that use the flooded forests around the Rio Branco and showed that a diverse assemblage of fish use the forest even in sites inundated only by rainfall and far from major rivers (Vale 2011b). The fact that researchers can use the same plots to study fish and rainforest trees illustrates that a *priori* categorization and unnecessary stratification can lead to the loss of information of biological interactions. Studies of fish in RAPELD grids will increase with the development of new techniques and inclusion of groups that need special equipment for sampling, such as electric fish (Gymnotidae) that can be recognized by their characteristic electric pulses even when hidden under banks. Borcard *et al.* (2011) use fish assemblages to illustrate many statistical techniques in numerical ecology.

Choosing taxa – what to launder first?

Often, the limiting factor is the availability of taxonomists that can identify the species (Evenhuis 2007). Even when they are available, **taxonomists often are not effectively integrated into ecological monitoring** (Gotelli 2004). Resolution of the lack of taxonomists is perhaps more of a problem to be dealt with by the PPBio than by RAPELD, but some sampling considerations may be important. DNA barcoding and other molecular techniques may allow identification of species even though they have not been formally described, and often detects cryptic species not recognized by classical taxonomy (Janzen *et al.* 2005, Valentini *et al.* 2009, Leponce *et al.* 2010, Gemeinholzer *et*

clássica (Janzen *et al.* 2005, Valentini *et al.* 2009, Leponce *et al.* 2010, Gemeinholzer *et al.* 2010, Ribas *et al.* 2011). Novas técnicas, tais como espectroscopia do infravermelho próximo (NIRS), podem permitir a identificação de material estéril de forma rápida e econômica (Foley *et al.* 1998, Durgante *et al.* 2013). A utilidade destas técnicas depende da questão. No entanto, o custo extra para coletar esses dados é muitas vezes bastante baixo e as pequenas amostras que são necessárias podem ser armazenadas a um pequeno custo extra. Portanto, o pessoal de campo deve ser treinado em técnicas de coleta para suprir material para as novas tecnologias mesmo que o material não seja usado diretamente em um estudo particular.

Nós demos exemplos de muitos grupos para ilustrar os aspectos da biodiversidade e os tipos de perguntas que podem ser proveitosamente investigadas em unidades de amostragem padronizadas especialmente, distribuídas ao longo da paisagem, de forma que a biodiversidade possa ser estudada em relação aos processos do ecossistema. O número de táxons e as perguntas que podem ser abordadas com a infraestrutura existente são enormes e novos táxons e perguntas estão sendo adicionados diariamente como consequência das grandes vantagens de estudos integrados de curto e longo prazo em uma variedade de lugares (Billick & Price 2010a). Só temos espaço para uma visão superficial neste capítulo, mas os detalhes dos estudos e dos dados estão disponíveis nos websites do PPBio (<http://ppbio.inpa.gov.br/>) e PPBio Austrália (<http://www.griffith.edu>).



- Cogumelos de uma espécie desconhecida de *Hygrocybe*. Muitas vezes, espécies conspicuas que podem ser coletadas facilmente são pouco conhecidas em razão da existência de poucos taxonomistas, gerando dúvidas na identidade de táxons amplamente distribuídos.
- Toadstools of an unknown species of *Hygrocybe*. Often, conspicuous species that can be easily collected are little known because of the lack of taxonomists, raising doubts about the identity of widely distributed taxa.

al. 2010, Ribas *et al.* 2011). New techniques, such as near-infrared spectroscopy (NIRS), may allow identification of sterile material quickly and economically (Foley *et al.* 1998, Durgante *et al.* 2013). The utility of these techniques depends on the question. However, the extra cost to collect such data is often very small, and the small samples that are necessary can often be stored at little extra cost. Therefore, field personnel should be trained in collection techniques for new technologies, even if the material will not be used directly in a particular study.

We have given examples from many groups to illustrate the aspects of biodiversity and the sorts of questions that can be

au/ppbio). Listas simples padronizadas não são úteis (Lindenmayer & Likens 2010), mas é útil considerar os fatores que afetam as decisões sobre quais grupos devem ter prioridade em relação a objetivos específicos. Nesta seção, utilizaremos um estudo de caso para ilustrar os tipos de decisões que têm de ser feitas. No entanto, é o processo que é importante e isso não indica que nós acreditamos que os grupos selecionados seriam apropriados para todas as partes interessadas, localizações geográficas ou questões que possam ser feitas.

Em 2010, o Serviço Florestal Brasileiro (SFB) reconheceu a necessidade de um monitoramento padronizado e adotou o sistema RAPELD de monitoramento da biodiversidade em concessões florestais sob a responsabilidade do governo federal. Eles fizeram isso antes de definir quais aspectos da biodiversidade estavam interessados e antes de definir a extensão e a frequência do monitoramento. Esta não é a sequência ideal porque o método define a biodiversidade que vemos, mas isso é típico de como as decisões têm de ser feitas em sistemas políticos democráticos. O que é monitorado depende em grande parte do que é viável ser monitorado com a tecnologia existente e a frequência com que o monitoramento é realizado depende de custos – o que só pode ser determinado após a definição do sistema. O SFB adotou o RAPELD porque era óbvio que não seria economicamente viável instalar infraestrutura independente para o estudo de cada grupo taxonômico e processo ecossistêmico, bem como porque os delinea-

fruitfully investigated in spatially standardized sampling units distributed across the landscape so that biodiversity can be studied in relation to ecosystem processes. The number of taxa and questions that can be studied with the existing infrastructure is enormous, and new taxa and questions are being added daily as a consequence of the great advantages of short- and long-term integrated studies in a variety of places (Billick and Price 2010a). We only have space for a superficial overview in this chapter, but details of studies and data are available from Brazilian PPBio (<http://ppbio.inpa.gov.br/>) and PPBio Australia (<http://www.griffith.edu.au/ppbio>) websites. Simple laundry lists are not useful (Lindenmayer and Likens 2010), but it is useful to consider the factors that affect decisions about which groups should be given priority in relation to specific objectives. In this section we will use a case study to illustrate the sorts of decisions that have to be made. However, it is the process that is important, and it does not indicate that we believe that the groups selected would be appropriate for all stakeholders, geographic locations or questions that might be asked.

In 2010, the Brazilian Forestry Service (SFB) recognized the need for standardized monitoring and adopted the RAPELD system for monitoring biodiversity in forestry concessions under the responsibility of the federal government. They did this before defining what biodiversity they were interested in and before defining the extent and frequency of monitoring. This is not the ideal sequence because the method defines the biodiversity we see, but it is typical of how decisions have to be made in democratic political systems. What is monitored depends greatly on what is feasible to be monitored with

mentos idiossincráticos fariam os dados em grande parte inúteis para os tipos de estudos integrados que são necessários para se tomar decisões de gestão sob incerteza. Ou seja, **a decisão de utilizar estudos integrados foi feita antes de se decidir o que deveria ser integrado**. Tendo sido tomada essa decisão, o uso do RAPELD seguiu porque era o único sistema integrado de biodiversidade e processos ecossistêmicos disponível no momento que poderia ser implementado com os recursos financeiros disponíveis.

Outras agências governamentais, como a Diretoria de Licenciamento Ambiental (DILIC - IBAMA), também adotaram o RAPELD na mesma época por razões semelhantes. Como acadêmicos, estávamos preocupados com estas decisões e teria sido mais confortável se houvesse mais tempo para discutir as questões. No entanto, a discussão acadêmica sem fim sobre a otimização de todos os elementos do sistema em relação a objetivos de curto prazo não foi uma opção para um órgão do governo para o qual a legislação obriga o monitoramento, e os custos em grande parte tiveram de ser arcados pelo setor privado. Portanto, não tínhamos opção a não ser colocar a academia de lado por um tempo e entrar no mundo real.

Após várias reuniões, chegamos à conclusão de que **o governo estava exigindo monitoramento para responder a uma série de perguntas diferentes**, que incluíam:

(1) A extração de madeira reduz o valor econômico dos recursos madeireiros futuros?

the existing technology, and how frequently monitoring is undertaken depends on costs - which can only be determined after defining the system. The SFB adopted RAPELD because it was obvious that it was not economically feasible to install independent infrastructure for the study of each taxonomic group and ecosystem process, and because idiosyncratic designs would make the data largely useless for the type of integrated studies required to make management decisions under uncertainty. That is, **the decision to use integrated studies was made before deciding what was to be integrated**. Having made that decision, use of RAPELD followed because it was the only integrated system of biodiversity and ecosystem processes available at the time that could potentially be implemented with the financial resources available.

Other government agencies, such as the Licensing Division of the Federal Environmental Agency (IBAMA – DILIC) also adopted RAPELD at about the same time for similar reasons. As academics, we were troubled by these decisions, and would have been more comfortable with more time to discuss the issues. However, endless academic discussion about optimizing all elements of the system in relation to short term objectives was not an option for a government body for which legislation mandated monitoring, and the costs largely had to be borne by the private sector. Therefore, we had no option but to put academia aside for a while and enter the real world.

After several meetings we came to the conclusion that **the government was mandating monitoring to answer a number of different questions**, which included the following:

(2) A extração de madeira reduz o valor econômico dos recursos econômicos não-madeireiros?

(3) A extração de madeira reduz a capacidade da floresta armazenar carbono?

(4) A extração de madeira reduz a capacidade da paisagem de armazenar e fornecer água?

(5) A extração de madeira afeta as espécies listadas como ameaçadas de extinção no nível nacional?

(6) A extração de madeira reduz a biodiversidade global em escalas que vão desde o talhão individual até todo o país (ou seja, quais são os efeitos sobre a complementaridade biótica)?

Essa não é uma lista completa, mas ilustra a grande variedade de fatores de interesse para um conjunto de tomadores de decisão, para os quais o SFB gostaria de monitorar a um custo muito baixo. Outras listas podem ser produzidas dependendo dos objetivos do estudo (por exemplo, Pearson 1994) ou escala de análise (por exemplo, Noss 1990). Muitos destes fatores não podem ser avaliados apenas em concessões florestais, porque a mudança climática causará mudanças em todos os lugares, independentemente ou interagindo com usos específicos do solo. Dada a nossa listagem em potencial, **nós olhamos para grupos-alvo de organismos que poderiam ser monitorados de forma viável com os recursos existentes.** Muitos desses recursos não eram monetários (Gardner 2010) e desenvolvemos a seguinte lista para filtrar a nossa lista inicial:

(1) O alvo pode ser monitorado em trilhas ou parcelas RAPELD com um esforço razoável?



- *Ação de vistoria do IBAMA em área da linha de transmissão de energia de Tucuruí, nos arredores de Itacoatiara (AM). O desmatamento no caso estava autorizado. A necessidade de um monitoramento padronizado e integrado levou à adoção do sistema RAPELD em concessões florestais sob a responsabilidade do governo federal.*
- *Supervision by IBAMA in an area of the Tucuruí power transmission cable near Itacoatiara (AM). In this case the deforestation was authorized. The need for a standardized and integrated monitoring led to the adoption of the RAPELD system in forest concessions under the responsibility of the Brazilian federal government.*

(1) Does timber harvesting reduce the economic value of future timber resources?

(2) Does timber harvesting reduce the economic value of non-timber economic resources?

(3) Does timber harvesting reduce the capacity of forest to store carbon?

(4) Does timber harvesting reduce the capacity of the landscape to store and provide water?

(5) Will timber harvesting affect species listed nationally as endangered?

(2) O alvo pode ser identificado em campo pela equipe técnica de tal forma que a coleta não é necessária ou pelo menos que longos períodos de triagem no laboratório não sejam necessários?

(3) Os grupos-alvo são conhecidos taxonomicamente o suficiente para permitir que a maioria das espécies ou grupos de espécies possa ser identificada se coletada?

(4) Guias de identificação adequados para uso pelo corpo técnico estão disponíveis?

(5) O grupo-alvo inclui espécies com distribuições restritas que possam ser de interesse da conservação?

(6) O grupo-alvo é sensível à mudança no ecossistema de tal forma que ele poderia ser usado como um ensaio biológico do funcionamento em geral dos ecossistemas?

(7) O grupo-alvo pode ser monitorado em pesquisas em curto prazo ou exige muitas amostragens repetidas para coletar o material necessário para a identificação?

(8) O grupo pode ser amostrado sem técnicas que requerem treinamento especial ou licenças, como redes de neblina ou armas de fogo?

(9) O grupo alvo é de interesse para o público em geral?

(10) Uma mudança em algum aspecto dos dados sendo coletados para este grupo poderia ser considerada suficientemente preocupante para iniciar uma ação de manejo?

A tabela a seguir mostra a nossa avaliação de uma gama de grupos-alvo que estão sendo usados em Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) e no monitora-

(6) Does timber harvesting reduce overall biodiversity at scales ranging from the individual coupe to the whole country (i.e. what are the effects on biotic complementarity)?

That is not a complete list, but illustrates the great range of factors of interest to a range of stakeholders that the SFB would like to monitor at very low cost. Other lists can be produced, depending on the objectives of the study (e.g. Pearson 1994) or scale of analysis (e.g. Noss 1990). Many of these cannot be evaluated only in forestry concessions, because climate change will cause changes everywhere, independent or interacting with specific land uses. Given our potential laundry list, **we looked for target groups of organisms that could feasibly be monitored with existing resources.**

Many of these resources were not monetary (Gardner 2010), and we developed the following checklist to filter our initial laundry list:

(1) Can the target be monitored in RAPELD trails or plots with reasonable effort?

(2) Can the target be identified in the field by technical staff such that collection is not necessary, or at least that long periods of laboratory sorting are not necessary?

(3) Are the target groups sufficiently well known taxonomically to allow most species or species groups to be identified if collected?

(4) Are identification guides suitable for use by technical staff?

(5) Does the target group include species with restricted distributions that might be of conservation concern?

(6) Is the target group sensitive to ecosystem change such that it could be used as a biological assay of general ecosystem functioning?

(7) Can the target group be monitored in short term surveys or does it require

- Avaliação da viabilidade dos grupos-alvo para monitoramento pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB).
- Evaluation of viability of focal groups for monitoring by the Brazilian Forestry Service (SFB).

ALVO TARGET	LISTA (ver texto)					CHECKLIST (see text)				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ácaros oribatídeos Oribatid mites	●					●	●	●		
Formigas Ants	●			?		●	●	●		●
Besouros rola-bosta Dung beetles	●					●	●	●		●
Borboletas Butterflies	●	●	●	?		●		●	●	●
Mariposas Moths	●					●		●		
Ortópteros Orthopterans	●					●	●	●		
Moscas da fruta Fruit flies	●					●	●	●		
Insetos aquáticos Aquatic insects	●					●	●	●		●
Árvores de interesse madeireiro Timber trees	●	●	?	?			●	●	●	●
Todas as árvores All trees				?				●		
Ervas de sub-bosque Understory herbs	●			?	●	●		●		
Samambaias Ferns	●	●	●	●		●	●	●		●
Briófitas Bryophytes	●	●		●		●	●	●		●
Lagartos Lizards		●	●	●		?		●		
Cobras Snakes		●	●	●		?			●	
Sapos noturnos Nocturnal frogs	●				●	●	●	●	●	



» ALVO TARGET	LISTA (ver texto) CHECKLIST (see text)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sapos diurnos Diurnal frogs	•	•		•	•	•	•	•	•	•
Aves de grande porte – visual Large birds - visual	•	•	•	•		•		•	•	•
Aves – vocalizações Birds - vocalizations				•	•	•	•		•	•
Aves – redes de neblina Birds – mist nets	•	•	•	•	•	•		•	•	•
Grandes mamíferos terrestres Large terrestrial mammals	•	•	•	•		•			•	
Pequenos mamíferos terrestres Small terrestrial mammals						•				
Primatas Primates	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Mamíferos – armadilhas fotográficas Mammals – camera traps		?	•	•					•	
Mamíferos – pegadas e fezes Mammals – spore and feces	•					?	•		•	
Morcegos Bats		•		•			•	•		
Peixes comerciais Commercial fish	•	•		•			•	•	•	•
Peixes de riachos Stream fish	•	?			•	•	•	•		•

RESUMO DE CRITÉRIOS | CRITERIA SUMMARY

- 1 Monitorável com RAPELD? | Is it monitorable with RAPELD?
- 2 Identificável em campo? | Is it identifiable in the field?
- 3 É conhecido taxonomicamente? | Is it known taxonomically?
- 4 Existem guias de identificação? | Are there identification guides?
- 5 As espécies têm distribuição restrita? | Do species have restricted distribution?
- 6 Sensível a mudanças no ecossistema? | Is it susceptible to changes in the ecosystem?
- 7 Amostrável em curto prazo? | Can it be sampled in the short term?
- 8 Requer treinamento/licença especial? | Does it require training/special license?
- 9 É de interesse público? | Is it of public interest?
- 10 Preocupante para ações de manejo? | Is it worrisome for management actions?

mento demandado no Brasil, ampliado com alguns grupos que nossos estudos têm indicado como promissores. Estes grupos foram identificados em uma série de workshops promovidos pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), IBAMA, PPBio e CENBAM, e incluem muitos dos grupos discutidos por Gardner *et al.* (2008). A lista não é exaustiva, mas serve para mostrar a importância de se avaliar metas propostas contra uma lista de propriedades, tais como aquelas no parágrafo anterior. Alguns são taxonômicos, outros são definidos pela espécie detectável pelo método e alguns táxons caem em várias categorias. Vamos discutir isso em relação aos objetivos do SFB em concessões florestais na Amazônia. As pontuações seriam diferentes para diferentes tomadores de decisão ou diferentes biomas.

A primeira lição que aprendemos foi que **não houve consenso quanto à utilidade de cada grupo**. Não há consenso sobre a utilidade de se selecionar espécies indicadoras de manejo (Caro 2010) e especialistas em cada grupo consistentemente afirmaram que deveria ser dada prioridade para o monitoramento de seu grupo, provavelmente refletindo o fato de que cada grupo poderia ser alvo de perguntas específicas. A maioria dos especialistas também considerou seu grupo fácil de procurar e identificar, embora a maioria dos outros pesquisadores não tenha concordado. Alguns grupos são difíceis de identificar atualmente, mas novas técnicas moleculares podem resolver estes problemas em um futuro próximo

many repeated surveys to collect material necessary for identification?

(8) Can the group be surveyed without techniques that require special training or licenses, such as for mist-netting or firearms?

(9) Is the target group of interest to the general public?

(10) Is a change in some aspect of the data being collected for this group likely to initiate a management action?

The table above shows our evaluations of a range of target groups that are currently being used in Environmental Impact Studies (EIS) and mandated monitoring in Brazil, augmented with a few groups that our own studies have indicated might be promising. These groups have been identified in a series of workshops promoted by the Chico Mendes Institute for Biodiversity (ICMBio), IBAMA, PPBio and CENBAM, and include many of the groups discussed by Gardner *et al.* (2008). The list is not comprehensive, but serves to show the importance of evaluating proposed targets against a checklist of properties, such as those in the previous paragraph. Some are taxonomic, some are defined by the species detectable by the method, and some species fall in multiple categories. We will discuss these in relation to the objectives of the SFB in forestry concessions in Amazonia. Scores would be different for different stakeholders or different biomes.

The first lesson we learned was that **there was no consensus as to the utility of each group**. There is no consensus on the utility of selecting management indicator species (Caro 2010), and specialists in each group consistently affirmed that their group should be given priority for monitoring, probably reflecting the fact that each group could be targeted



- A seleção dos grupos-alvo envolveu um processo aberto de discussão, buscando maximizar a complementaridade dos grupos em relação aos critérios que poderiam ser utilizados para a tomada de decisão.
- The selection of target groups involved a process of open discussion, seeking to maximize complementarity of the groups regarding the criteria that could be used for decision making.

(Janzen *et al.* 2005). Foi muitas vezes perceptível que a capacidade de identificação ou a disponibilidade de guias de campo limitou a utilização de alguns grupos em 2010, mas também que um investimento modesto dos programas de biodiversidade, como o PPBio, em guias de campo impressos e eletrônicos (Stevenson *et al.* 2003) poderia resolver esses problemas no curto prazo.

A tabela mostra as nossas conclusões. Elas seriam contestadas por especialistas em cada um dos grupos-alvo, mas alguém tinha que tomar uma decisão e não seria economicamente viável incluir todos os grupos no início de um programa obrigatório. A discussão

for specific questions. Most specialists also considered their group easy to survey and easy to identify, even though most other researchers did not agree. Some groups are difficult to identify today, but new molecular techniques may solve these problems in the near future (Janzen *et al.* 2005). It was often obvious that the capacity for identification or availability of field guides limited use of some groups in 2010, but that modest investment by biodiversity programs, such as the PPBio, in printed and electronic field guides (Stevenson *et al.* 2003) could solve these problems in the short term.

The table shows our conclusions. They would be disputed by specialists in every one of the target groups, but someone had

sobre o subconjunto de cinco grupos adotado, e alguns grupos populares que não foram, serve para ilustrar os aspectos que devem ser considerados na tomada de decisões sob incerteza. Embora um grupo com pontos para todos os critérios fosse preferível, não foi dado o mesmo peso para todos os critérios. Nós não acreditamos que nossas escolhas foram ótimas em qualquer sentido, mas estamos confiantes de que elas eram razoáveis sob o nosso conhe-

to make a decision, and it would not be economically viable to include all groups at the outset of a mandated program. Discussion of the subset of five groups adopted, and a few popular groups that were not, serves to illustrate the aspects that have to be considered when making such decisions under uncertainty. Although a group with points for all criteria would be preferred, not all criteria were given the same weight. We do not believe that our choices were optimal in any sense, but we are confident that they were reasonable under our limited knowledge in 2010. The decision to include one group was not independent of decisions about other groups, as we sort to maximize complementarity of groups in relation to criteria that might be used for decision making. We also only included a group if there was a reasonable chance that the data being produced could initiate a management action at some scale of relevance to the SFB.

The final conclusion was that the SFB should install RAPELD infrastructure that would allow monitoring of most groups as the need arose, but **we concluded that initially monitoring should be undertaken in all modules for five groups: timber trees, terrestrial ferns, diurnal frogs, stream fish and primates**. We will discuss this initial list, though the SFB has recently substituted some of these groups (Claudia Azevedo-Ramos, pers. comm.). Caro (2010) suggested that “it may be more judicious to measure a few selected species and forest structural elements together.” Timber trees were chosen because they can be surveyed in line transects, forestry employees can identify trees to at least genus, they represent the group most directly impacted



- *A castanheira, Bertholletia excelsa. Árvores de madeira podem ser amostradas em transectos de linha e identificadas pelo menos até gênero pelos mateiros. Os dados sobre as árvores de madeira provavelmente permitirão avaliações preliminares do armazenamento de carbono na biomassa arbórea.*
- *The Brazil nut, Bertholletia excelsa. Timber trees can be sampled in line transects and identified at least to genus by the local forestry workers. Data on timber trees will probably allow preliminary assessments of carbon storage in tree biomass.*

cimento limitado em 2010. A decisão de incluir um grupo não foi independente das decisões sobre os outros grupos, pois nós os ordenamos para maximizar a complementaridade dos grupos em relação aos critérios que poderiam ser utilizados para a tomada de decisão. Além disso, apenas incluímos um grupo se houvesse uma chance razoável de que os dados produzidos pudessem iniciar uma ação de manejo em alguma escala de relevância para o SFB.

A conclusão final foi que o SFB deveria instalar infraestrutura RAPELD que permitisse o monitoramento da maioria dos grupos conforme a necessidade de monitorá-los surgir no futuro, mas **concluimos que, inicialmente, o monitoramento deve ser realizado em todos os módulos para somente cinco grupos: árvores madeireiras, samambaias terrestres, sapos diurnos, peixes de riachos e primatas**. Vamos discutir esta lista inicial, embora o SFB recentemente tenha substituído alguns desses grupos (Claudia Azevedo-Ramos, *com. pess.*). Caro (2010) sugeriu que “pode ser mais criterioso medir algumas espécies selecionadas e elementos estruturais da floresta juntos”. Árvores de valor madeireiro foram escolhidas porque elas podem ser amostradas em transectos de linha, os mateiros podem identificar as árvores pelo menos até gênero. Elas representam o grupo mais diretamente afetado pela extração; a madeira representa atualmente o recurso econômico renovável na floresta mais viável, os dados sobre as árvores de valor madeireiro provavelmente irão permitir avaliações



● *Espécie de samambaia sendo fotografada na Reserva Uatumã. Samambaias terrestres são fáceis de amostrar e a identificação pode ser feita com base em caracteres vegetativos. Elas são sensíveis à poluição, luz, solo e disponibilidade de água no solo, e têm enorme capacidade de dispersão, de modo que a presença está relacionada com fatores ambientais locais.*

● *A species of fern being photographed in Reserva Uatumã. Terrestrial ferns are easy to sample and identification can be made based on vegetative characters. They are sensitive to pollution, light, soil and water availability in the soil, and have enormous capacity for dispersion, so their presence is related to local environmental factors.*

by harvesting, timber presently represents the most viable economic renewable resource in the forest, data on timber trees will probably allow preliminary assessments of carbon storage in arboreal biomass, and no special training is required to obtain licenses to study the group. The last requirement applied to all groups selected. Studies by Ana Albernaz in the Tapajós Sustainable Forest District (Distrito Florestal Sustentável) along the BR

preliminares do armazenamento de carbono na biomassa arbórea. Ainda, não é necessário nenhum treinamento especial para se obter licenças para estudar o grupo. O último requisito foi aplicado a todos os grupos selecionados. Estudos realizados no Distrito Florestal Sustentável do Tapajós ao longo da BR-163 no Projeto Integrado MCT-Embrapa (PIME) mostraram que as pesquisas podem ser realizadas de forma rápida e econômica (Gomes & Albernaz 2013).

Samambaias terrestres foram escolhidas porque são fáceis de amostrar. Um guia de identificação do PPBio recentemente produzido permite a identificação da maioria das espécies em toda a Amazônia brasileira. Samambaias podem ser identificadas ao longo do ano porque a identificação não depende de flores, elas são indicadores sensíveis de poluição, luz, solo e disponibilidade de água no solo, e têm enorme capacidade de dispersão, de modo que a presença está relacionada com fatores ambientais locais, em vez de contingências biogeográficas históricas. Portanto, elas são boas candidatas para estudos longitudinais dos efeitos dentro das concessões.

Em contraste com samambaias, espécies de sapos diurnos tendem a ter distribuições geográficas restritas que refletem os efeitos da contingência histórica sobre a biodiversidade. Muitas espécies têm valor no comércio de animais de estimação e para bioprospecção, enquanto outras estão ameaçadas de extinção em outras áreas. Eles também são relativamente fáceis de amostrar e a maioria pode ser encontrada em alguns levantamentos dentro da mesma estação.



- *O sapo Anomaloglossus stepheni. Sapos diurnos podem ser facilmente coletados e identificados por pessoas locais, desde que treinadas. Em alguns casos, é possível fazer gravações auditivas de maneira rápida e eficaz.*
- *The frog Anomaloglossus stepheni. Diurnal frogs can be easily collected and identified by local people, once they are trained. In some cases, it is possible to make auditory recordings quickly and effectively.*

163 highway in the PIME (*Projeto Integrado MCT-Embrapa*) had shown that surveys can be undertaken quickly and economically (Gomes and Albernaz 2013).

Terrestrial ferns were chosen because they are easy to survey, a recent guide produced by the PPBio allowed identification of most species throughout the Brazilian Amazon, ferns can be identified throughout the year because identification does not require flowers, they are sensitive indicators of pollution, light, soil and water availability in the soil, and they have enormous dispersal capability, so presence is related to local environmental factors rather than historical biogeographical contingency. Therefore, they are good candidates for longitudinal studies of effects within concessions.

In contrast to ferns, diurnal frogs tend to have restricted geographic ranges that reflect the effects of historical contingency on biodiversity. Many species have value in

Eles têm problemas de identificação, mas a coleta de tecidos para estudos genéticos e gravações das vocalizações permite a identificação de espécies novas e conhecidas a um custo relativamente baixo (Ficetola *et al.* 2008, Jerde *et al.* 2011). As pessoas locais podem ser treinadas para identificar, coletar e fazer gravações auditivas de sapos diurnos de maneira rápida e eficaz. Muitos dos sapos diurnos não estão intimamente associados com corpos d'água abertos (Menin *et al.* 2007), então eles tendem a mostrar menos autocorrelação espacial local que os sapos noturnos. Técnicos com a capacidade de coletar e identificar sapos diurnos podem ser facilmente treinados para o levantamento de sapos noturnos, de modo que a inclusão obrigatória desse grupo diurno provavelmente resultará na inclusão voluntária de sapos noturnos em um futuro próximo. O público usualmente considera que vale a pena conservar os sapos, de modo que o financiamento suplementar para as amostragens é razoavelmente fácil de obter. Uma vez que as espécies na área são bem conhecidas, o monitoramento pode ser feito com dispositivos automáticos de escuta. No entanto, a combinação com métodos que têm menos chance de registrar falsas ocorrências pode ser aconselhável (Miller *et al.* 2011).

Primates são relativamente fáceis de amostrar usando métodos de transecção linear (Buckland *et al.* 2010). Muitos têm áreas geográficas restritas e algumas espécies são muito caçadas em algumas áreas. Existem poucos problemas com a identificação e a maioria das espécies na área pode ser detec-

the pet trade and for bioprospection, and many species are threatened with extinction in other areas. They are also relatively easy to survey, and most can be found in a few surveys within the same season. They do have problems of identification, but collection of tissues for genetic studies and recordings of vocalizations allow identification of known and new species relatively cheaply (Ficetola *et al.* 2008, Jerde *et al.* 2011). Local people can be trained to identify, collect and make auditory recordings of diurnal frogs quickly and effectively. Many of the diurnal frogs are not closely associated with open water bodies (Menin *et al.* 2007), so they tend to show less local spatial autocorrelation than nocturnal frogs. Technicians with the capacity to survey and identify diurnal frogs could easily be trained to survey nocturnal frogs, so mandatory inclusion of this group will probably result in voluntary inclusion of nocturnal frogs



- O Cuxiú, *Chiropotes satanas*. *Primates* são um grupo bandeira que desperta preocupações do público em geral. Em geral são fáceis de serem amostrados usando métodos de transecção linear e existem poucos problemas com a identificação.
- *The Brown bearded saki, Chiropotes satanas. Primates are a group that arouses concerns of the general public. In general they are easily sampled using linear transect methods and there are few problems with their identification.*

tada com um esforço de amostragem relativamente pequeno. Como dependem da produção de frutos por árvores, eles poderiam ser sensíveis às práticas de manejo florestal. Outros grupos que talvez sejam de interesse menos direto para o monitoramento, como grandes mamíferos e aves diurnas, podem ser pesquisados concomitantemente com primatas, de modo que informações sobre esses grupos podem ser obtidas com um pequeno custo extra. Talvez o mais importante, os primatas são um grupo bandeira que desperta preocupações do público em geral. É um grupo que os contribuintes querem ver monitorado, independentemente das justificativas científicas. Embora este grupo tenha uma série completa de pontos na tabela anterior, os dados sobre os primatas têm limitações como suporte ao manejo dentro de qualquer concessão particular. Poucos grupos da maioria das espécies ocorrerão em um módulo RAPELD padrão de 5 km x 1 km, então é provável que exista uma grande variação nas estimativas de densidade mesmo depois de muitas amostragens repetidas e a maioria das análises provavelmente terá que basear-se em presença-ausência. Isto significa que a extinção local é o critério mais provável para captar um efeito do manejo florestal e grupos que mostram efeitos antes de se registrar tais efeitos extremos devem ser preferidos na maioria dos casos. No entanto, padrões de extinção local podem ser úteis para se compreender os efeitos do manejo florestal entre todas as concessões se os dados puderem ser combinados



● *O peixe Mastiglanis asopos. Peixes de igarapés são relativamente fáceis de amostrar, mas não há guias disponíveis para a maior parte dos sítios. O número de especialistas capazes de identificá-los é limitado, mas foram incluídos porque representavam o único grupo aquático diverso na nossa lista.*

● *The fish Mastiglanis asopos. Stream fish are relatively easy to sample, but no guides are available for the majority of sites. The number of experts who can identify them is limited, but they were included because they represented the only diverse aquatic group on our list.*

in the near future. Frogs are generally thought to be worth conserving by the general public, so supplementary funding for surveys is reasonably easy to obtain. Once the species in the area are well known, monitoring could be done with automatic listening devices. However, combination with methods that have less chance of recording false occurrences may be advisable (Miller *et al.* 2011).

Primates are relatively easy to survey using line-transect methods (Buckland *et al.* 2010). Many have restricted geographic ranges, and some species are heavily hunted in some areas. There are few problems with identification, and most species in the area can be detected with relatively little survey effort. As they depend on fruit production by trees, they could be sensitive to forestry practices. Other groups that perhaps are of

com aqueles obtidos a partir de áreas de conservação com pouco impacto humano direto, de modo que os primatas podem ser um grupo útil para estudos em todo o bioma.

Peixes de riachos pequenos são relativamente fáceis de amostrar e peixes representam o grupo de vertebrados que normalmente tem menos restrições para a coleta de amostras. No entanto, não há guias para peixes amazônicos de riachos e o número de especialistas capazes de identificá-los é limitado. Estudos na Reserva Ducke indicam que guias fotográficos de campo são eficazes para a identificação em campo da maioria das espécies da maior parte das famílias e gêneros (Espírito-Santo *et al.* 2011), mas tais guias ainda precisam ser produzidos para cada local. Neste caso, a coleta de material para estudos genéticos é altamente recomendada e coletas de grupos duvidosos em um subconjunto das unidades de amostragem podem ser usadas para levar em conta detecções falsas positivas (Miller *et al.* 2011). Apesar destas dificuldades, os peixes foram incluídos porque representavam o único grupo aquático diverso e têm demonstrado ser um indicador útil dos efeitos da exploração seletiva de madeira (Dias *et al.* 2009) muito antes de esses efeitos resultarem em extinções locais.

A decisão de se utilizar estes grupos foi baseada mais na viabilidade do que na seleção do melhor táxon indicador, pois a agência mandante necessitava de grupos que pudessem ser amostrados em todas as áreas

less direct interest for monitoring, such as large diurnal mammals and birds, can be surveyed concomitantly with primates, so information on these groups may be obtained at little extra cost. Perhaps most importantly, primates are a flagship group that arouses the concerns of the general public. It is a group that taxpayers want to see monitored, independent of the scientific justifications. Although this group has a complete string of points in the table, data on primates does have limitations as support to management within any particular concession. Few groups of most species will occur in a 5 km x 1 km standard RAPELD module, so there is likely to be large variance in density estimates even after many repeat surveys, and most analyses will probably have to be based on presence-absence. This means that local extinction is the most likely criterion for an effect of forestry and groups that show effects before registering such extreme effects are to be preferred in most cases. However, patterns of local extinction may be useful to understand the effects of forestry across all concessions if the data can be combined with that from conservation areas with little direct human impacts, so primates may be a useful group for studies across the biome.

Stream fish are relatively easy to survey and fish represent the vertebrate group that usually has the least restrictions for collecting specimens. However, there are no guides to Amazonian stream fish and the number of specialists capable of identifying them is limited. Studies in Reserva Ducke indicate that photographic field guides are effective for field identification of most species in most families and genera (Espírito-Santo *et al.* 2011), but such guides still need to be produced for each site. In this case, collection of material

a um custo razoável. Nós não acreditamos que estes serão os únicos grupos pesquisados em concessões florestais ou que os métodos utilizados hoje não serão substituídos no futuro. Contudo, eles são um bom ponto de partida para iniciar uma cultura de pesquisas padronizadas em concessões florestais e o sistema RAPELD garante que a infraestrutura de campo esteja disponível para incluir novos grupos de forma rápida e econômica. No entanto, um critério importante deve ser a possibilidade de que os resultados para o grupo possam iniciar uma ação de manejo (Gardner 2010). Estamos à procura de espécies que possam indicar mudanças indesejáveis antes

for genetic studies is highly recommended, and collection of doubtful groups in a subset of sampling units can be used to take into account false positive detections (Miller *et al.* 2011). Despite these difficulties, fish were included because they represented the only diverse aquatic group and they have been shown to be useful indicators of the effects of selective logging (Dias *et al.* 2009) long before those effects result in local extinctions.

The decision to use these groups was based more on viability than on selection of the best indicator taxa because the mandating agency needed groups that can be surveyed in all areas at reasonable cost. We do not believe that these will be the only groups surveyed



- *Estudantes de botânica processando as coletas no alto Rio Negro, Amazonas. Existe uma tendência crescente de reconhecimento que a colaboração entre pesquisadores pode ampliar e inovar a capacidade de produzir conhecimento.*
- *Botany students processing collections in the upper Rio Negro, state of Amazonas. There is growing recognition that collaboration between researchers can expand and innovate the capacity to produce knowledge.*

que se tornem irreversíveis. Nós não precisamos de espécies indicadoras de alterações que sabemos ter acontecido, como os grupos que são indicativos de plantações de eucalipto (por exemplo, Gardner *et al.* 2008) - os gestores sabem que havia sido estabelecida uma plantação! Monoculturas sempre reduzem a biodiversidade localmente e talvez as perguntas devam ser sobre os efeitos das diferentes configurações de monoculturas na paisagem, o que exige estudos de fragmentação ao invés de fragmentos. Gardner (2010) lista muito mais perturbações para as quais precisamos de indicadores. Qualquer intervenção humana irá causar mudanças, mas os efeitos são dependentes da escala (Hill & Hamer 2004). A parte difícil é chegar a um consenso sobre quais mudanças são aceitáveis e quais são suficientemente preocupantes para iniciar uma ação de manejo, mesmo que seja apenas para financiar estudos subsequentes.

Embora não tenhamos dados em longo prazo para novos grupos, a infraestrutura padronizada permitirá que estudos transversais sejam realizados de forma rápida e eficaz quando necessário. Onde estudos locais idiossincráticos forem necessários é provável que a infraestrutura RAPELD seja útil em levantamentos iniciais e no planejamento espacial. O desenvolvimento de uma subcultura na indústria florestal que entenda e possa incorporar informações sobre a biodiversidade nas tomadas de decisão é tão importante quanto os dados inicialmente recolhidos. Este aspecto social é importante porque **a**

in forestry concessions or that the methods used today will not be superseded in the future. However, they are a good place to start to initiate a culture of standardized surveys in forestry concessions, and the RAPELD system ensures that field infrastructure is available to quickly and economically include new groups. However, a major criterion should be the possibility that results for the group could initiate a management action (Gardner 2010). We are looking for species that may indicate undesirable change before it becomes irreversible. We do not need indicator species for changes that we know have happened, such as groups that are indicative of eucalypt plantations (e.g. Gardner *et al.* 2008) – the managers know that they have established a plantation! Monocultures will always reduce biodiversity locally, and perhaps the questions should be about the effects of different configurations of monocultures in the landscape, which require studies of fragmentation rather than fragments. Gardner (2010) gives many more perturbations for which we need indicators. Any human intervention will cause change, but the effects are scale dependent (Hill and Hamer 2004). The hard part is getting a consensus on what changes are acceptable, and which are sufficiently worrying that they will initiate a management action, even if that is only to fund further studies.

Although we will not have long-term data on new groups, the standardized infrastructure will allow transversal studies to be carried out quickly and effectively when necessary. Where idiosyncratic local studies are called for, the RAPELD infrastructure is likely to be useful for initial surveys and spatial planning. Development of a subculture within the forestry industry that understands and

ideia de que a ciência é feita por esforços completamente independentes de um pequeno grupo de indivíduos altamente talentosos é uma ilusão perigosa.

Vale a pena considerar por que alguns outros grupos pesquisados com frequência durante estudos de impacto ambiental não foram incluídos. Em parte, isso ocorre porque o número de grupos que é viável para se monitorar a baixo custo é limitado e os grupos já incluídos cobrem os requisitos do SFB. No entanto, as considerações das limitações permitirão que o PPBio realize o treinamento e desenvolvimento necessário para incluir esses grupos no futuro. Besouros rola-bosta são indicadores ambientais sensíveis que refletem a distribuição de grandes vertebrados (McGeoch *et al.* 2002, Vulinec *et al.* 2006), são diversos e são muito fáceis de amostrar (Gardner *et al.* 2008). No entanto, ainda há poucos taxonomistas capazes de identificá-los e nenhum guia de campo ou de laboratório está disponível. Eles não foram incluídos de modo a evitar a sobrecarga do sistema com grupos que podem exigir um grande investimento na triagem e identificação. No entanto, um investimento moderado na capacitação e produção de guias fotográficos poderia eliminar estes problemas em um futuro próximo e a classificação até morfoespécies pode ser suficiente (Oliver & Beattie 1996). Formigas não foram incluídas por razões semelhantes, mas há evidências de que a identificação no nível de gênero é suficiente para se identificar associações ecológicas de formigas (Souza 2009, Caro 2010) e



- *O morcego Molossus sp. Morcegos neotropicais participam de serviços ambientais importantes, tais como polinização e dispersão de sementes, mas espécies individuais raramente são de interesse de conservação.*
- *Mastiff bat, Molossus sp. Neotropical bats participate in important environmental services, such as pollination and seed dispersal, but individual species are rarely of conservation concern.*

can incorporate information on biodiversity in decision making is as important as the data initially collected. This social aspect is important because **the idea that science is done by the completely independent efforts of a small group of highly gifted individuals is a dangerous illusion.**

It is worthwhile to consider why some other groups frequently surveyed during environmental-impact studies were not included. Partly this is because the number of groups that it is feasible to monitor at low cost is limited and groups already included

um guia para os gêneros de formigas brasileiras está sendo produzido pelo PPBio e deve estar disponível em breve (<http://ppbio.inpa.gov.br/guias>). Ervas de sub-bosque têm problemas semelhantes e a produção de guias fotográficos de campo pode demorar muito mais, porque a identificação normalmente requer a coleta de indivíduos em floração. A inclusão deste grupo, provavelmente, seria facilitada pelo desenvolvimento de técnicas genéticas de identificação.

Cobras e morcegos são grupos populares para pesquisas, possivelmente porque eles capturam a imaginação do público e, no caso de morcegos neotropicais, eles participam de serviços ambientais importantes, tais como polinização e dispersão de sementes. Porém, ambos são extremamente móveis e indivíduos são encontrados em áreas degradadas, embora provavelmente

covered the requirements of the SFB. However, considerations of the limitations will allow the PPBio to undertake the training and development necessary to include these groups in the future. Dung beetles are sensitive environmental indicators that reflect the distributions of large vertebrates (McGeoch *et al.* 2002, Vulinec *et al.* 2006), are diverse, and are very easy to sample (Gardner *et al.* 2008). However, there are still few taxonomists capable of identifying them and no field or laboratory guides are available. They were not included so as to avoid overloading the system with groups that might require large investment in sorting and identification. However, a moderate investment in capacity building and production of photographic guides could eliminate these problems in the near future, and sorting to morphospecies may be sufficient (Oliver and Beattie 1996). Ants were not included for similar reasons, but there is evidence that identification to



- *Anilius scytale*, uma Falsa-coral. Endêmica da Amazônia, pode ser considerada um fóssil vivo.
- Representante de uma família ancestral de serpentes, possui uma escama que cobre o olho como uma adaptação à vida fossorial. Comum, ocorre inclusive em fragmentos florestais urbanos.
- Red Pipe Snake, *Anilius scytale*. Endemic to the Amazon, can be considered a living fossil.
- Representative of an ancestor family of snakes, it has a scale covering the eye as an adaptation to fossorial life. Common, occurs even in urban forest fragments.

dependam mais de áreas naturais intactas na paisagem. Em geral, os grandes carnívoros, espécies de grande porte e espécies amplamente distribuídas são substitutos inapropriados (Caro 2010). Espécies que são muito sensíveis às condições locais geralmente são raramente capturadas, por isso são piores indicadores de perturbação do que medidas mais diretas, como a cobertura florestal (Caro 2010, Gardner 2010). Mesmo que a maioria das espécies seja detectada na maioria das áreas se pesquisas forem realizadas por muito tempo, as curvas de acumulação de espécies geralmente são íngremes e podem não se aproximar de uma assíntota, mesmo depois de anos de estudo. Além disso, a maioria das espécies de cobras e morcegos têm áreas geográficas enormes, de modo que espécies individuais raramente são de interesse de conservação a não ser que tenham alguma exigência específica, como um local de abrigo em uma caverna, que é improvável que seja detectado em amostragens em geral. Cobras e morcegos podem ser efetivamente pesquisados com a infraestrutura RAPELD, mas provavelmente seja melhor deixar os estudos de tais grupos para instituições acadêmicas em vez de serem incluídos no monitoramento obrigatório.

As aves constituem um grupo popular (Gardner *et al.* 2008) que pode ser identificado por vocalizações e amostrado com redes de neblina. No entanto, existem poucos especialistas capazes de identificar de forma confiável cantos de pássaros da Amazônia (M. Cohn-Haft, *com. pess.*) e a identificação automática de cantos por

the level of genus is sufficient to identify ecological associations of ants (Souza 2009, Caro 2010), and a guide to the genera of Brazilian ants is being produced by the PPBio and should be available in the near future (<http://ppbio.inpa.gov.br/guias>). Understorey herbs have similar problems, and production of photographic field guides may take much longer because identification usually requires the collection of flowering individuals. Inclusion of this group probably would be facilitated by the development of economical genetic techniques of identification.

Snakes and bats are popular groups for surveys, possibly because they capture the imagination of the public and, in the case of neotropical bats, they participate in important ecosystem services, such as pollination and seed dispersal. However, both groups are extremely mobile and individuals are found in degraded areas even though they probably depend on more intact natural areas in the landscape. In general, large carnivores, large-bodied species, and widespread species are poor surrogates (Caro 2010). Species that are very sensitive to local conditions are generally rarely captured, so they are worse indicators of disturbance than more direct measures, such as forest cover (Caro 2010, Gardner 2010). Even though most species will be detected in most areas if surveys are undertaken long enough, the species accumulation curves are generally steep and may not approach an asymptote even after years of study. Also, most snake and bat species have enormous geographical ranges, so that individual species are rarely of conservation concern unless they have some specific requirement, such as a roost site in a cave, which is unlikely to be detected in general surveys. Snakes and bats can be effectively surveyed within



- Casal de Araracanga, Ara macao. As aves constituem um grupo popular que pode ser identificado por vocalizações, mas a amostragem demanda muito treinamento técnico e memorização, além de licenças especiais no caso de redes de neblina.
- Pair of Scarlet Macaw, Ara macao. Birds are a popular group that can be identified by vocalizations, but sampling requires much technical training and memorization, aside from special permits in the case of mist nets.

softwares ainda está na sua infância, pois a maioria das espécies tem uma grande variedade de cantos. Muitas espécies, especialmente aquelas em guildas de sub-bosque, podem ser efetivamente amostradas com redes de neblina (Bueno 2010). Entretanto, o uso de redes de neblina e anilhamento de aves requer licenças especiais que devem ser emitidas por órgãos ambientais nacionais na maioria dos países, incluindo o Brasil. Mais técnicos treinados e certificados são necessários antes que as redes de neblina possam ser efetivamente obrigatórias em todas as concessões florestais.

Decisões sobre os efeitos do manejo florestal dependem de informações sobre a complementaridade biótica. As

RAPELD infrastructure, but studies of such groups are probably better left to academic institutions rather than being included in mandated monitoring.

Birds constitute a popular group (Gardner *et al.* 2008) that can be identified by vocalizations and sampled with mist nets. However, there are few specialists capable of reliably identifying bird calls in the Amazon (M. Cohn-Haft, pers. comm.), and automatic identification of calls by computer software is still in its infancy because most species have a large variety of calls. Many species, especially those in understory guilds, can be effectively surveyed with mist nets (Bueno 2010). However, use of mist nets and bird banding requires special permits that must be issued by national environmental agencies in



- *Borboleta polinizando uma flor no Parque do Mindu em Manaus. É muito importante conservar não apenas as espécies, mas processos ecológicos, pois estes são essenciais para a manutenção dos ecossistemas terrestres.*
- *Butterfly pollinating a flower in Parque do Mindu in Manaus. It is very important to conserve not only the species, but ecological processes, as these are essential for the maintenance of terrestrial ecosystems.*

posições de estradas e outras infraestruturas dentro de talhões e a perda de biodiversidade devido à exploração florestal na região só podem ser avaliados em relação à complementaridade. Nem todos os organismos mostram o mesmo grau de complementaridade entre paisagens e regiões, portanto as decisões sobre o táxon-alvo serão críticas. Em qualquer caso, os dados devem ser coletados em um delineamento espacialmente explícito ou os tomadores de decisão utilizarão outros critérios que atendam essas condições.

Este breve roteiro de algumas das considerações utilizadas na seleção dos grupos para o monitoramento obrigatório por uma das partes interessadas ilustra as considerações que devem de ser levadas em conta quando qualquer subconjunto da biodiversidade está sendo escolhido

most countries, including Brazil. More trained and certified technicians are required before mist netting can be effectively mandated in all forestry concessions.

Decisions about the effects of forestry depend on information about biotic complementarity. Positions of roads and other infrastructure within coups, and the loss biodiversity due to forest exploitation within the region can only be evaluated in relation to complementarity. Not all organisms show the same degree of complementarity across landscapes and regions, so decisions regarding target taxa will be critical. In any case, the data must be collected in a spatially explicit design or decision makers will use other spatially-explicit criteria.

This brief tour of some of the considerations used in the selection of groups for mandated monitoring by one stakeholder illustrates the considerations

para o monitoramento. As questões são complexas e as opções viáveis são limitadas. Ao nos concentrarmos em padronização espacial e em infraestrutura, podemos iniciar o monitoramento de grupos que são de interesse para tomadores de decisão específicos sem reduzir fortemente nossas opções para o futuro. **O monitoramento ambiental deve ser conduzido pelas questões, mas, para ser eficiente, ele deve levar em conta questões potenciais que ainda não foram colocadas.** A abordagem de “estudar as especificidades agora e planejar para as grandes questões depois” de Lindenmayer e Likens (2010) não resultará em monitoramento da biodiversidade eficaz dentro de um sistema político democrático complexo.

O monitoramento da biodiversidade simplesmente para descobrir que alguma coisa está acontecendo é de uso limitado. Se nós pudermos ligar diretamente essas alterações a potenciais fatores ambientais, o valor dos estudos será aumentado enormemente. No próximo capítulo, vamos considerar a integração de estudos da biodiversidade e as ciências físicas. ■

that have to be taken into account when any subset of biodiversity is being chosen for monitoring. The issues are complex and the viable options are limited. By concentrating on spatial standardization and infrastructure, we can start monitoring of groups that are of interest to specific stakeholders without greatly reducing our options for the future. **Environmental monitoring should be question driven, but, to be efficient, it must take into account potential questions that have yet to be posed.** The “study the specifics now, plan for the big questions later” approach of Lindenmayer and Likens (2010) will not result in effective biodiversity monitoring within a complex democratic political system.

Monitoring biodiversity simply to discover something is happening is of limited use. If we can directly tie those changes to potential environmental drivers, the value of the studies will be increased enormously. In the next chapter, we will consider the integration of biodiversity and the physical sciences. ■

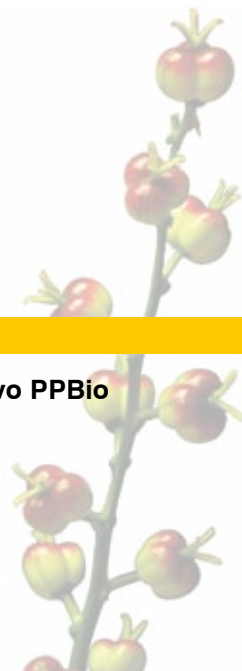
SAIBA MAIS READ MORE

■ **Vídeos sobre monitoramento de grupos-alvo PPBio**

<http://ppbio.inpa.gov.br/instalacao/videos>

■ **Guias de Identificação**

<http://ppbio.inpa.gov.br/guias>



Capítulo **V**
Chapter





Monitoramento Ambiental Integrado

Indenmayer e Likens (2010) escreveram um excelente livro sobre monitoramento ambiental, mas não abordaram a integração da biodiversidade e do ambiente físico, deixando-a para estudos futuros. Neste capítulo, vamos abordar como isso pode ser realizado dentro de um panorama de pesquisas biológicas padronizadas. Assim como ocorre com a biodiversidade, é improvável que o monitoramento do ambiente pelo objetivo de monitorar simplesmente (MMS) seja eficiente. Ao mesmo tempo, realizar monitoramentos diferentes para cada pergunta possível (outra forma de MMS) dificilmente será viável economicamente. Os principais usos do monitoramento da biodiversidade para os tomadores de decisões políticas envolvem avaliar a complementaridade, prever as ocorrências de espécies em áreas que não foram amostradas e avaliar os

Integrated Environmental Monitoring

Indenmayer and Likens (2010) wrote an excellent book on general environmental monitoring, but left integration of biodiversity and the physical environment to future studies. Here, we will consider how that can be done within the framework of standardized biological surveys. As with biodiversity, monitoring for monitoring's sake (MMS), is unlikely to be effective. At the same time, monitoring differently for every possible question (another form of MMS) is unlikely to be economically viable. The principle uses of biodiversity monitoring for political decision makers are to evaluate complementarity, predict occurrences in areas that have not been surveyed, and to evaluate the probable impacts of human actions. Decisions have to be made at a variety

prováveis impactos das ações humanas. As decisões devem ser tomadas em escalas variadas (Borgström *et al.* 2006, Hewitt *et al.* 2007, Curtin 2010). Por exemplo, os efeitos do clima podem ser extremamente locais (por exemplo, Ujvari *et al.* 2011), regionais (por exemplo, Magnusson *et al.* 2010, Feeley *et al.* 2011) ou globais (por exemplo, Turner 2011). Assim como os estudos simples da biodiversidade, o monitoramento integrado do ambiente abiótico deve levar em consideração as múltiplas escalas em que as decisões são tomadas, se quiser que sejam efetivas e eficientes. Sistemas para integrar outros serviços ambientais dentro de modelos para os tomadores de decisão estão relativamente avançados (por exemplo, Euliss *et al.* 2011, Medeiros *et al.* 2011), mas a biodiversidade não está incluída de forma sistemática, com exceção de justificativas para a criação de reservas.

Hoje, é possível fazer o download de mapas ou camadas SIG (Sistema de Informação Geográfica) para variáveis relacionadas ao clima, solos, produtividade primária, densidade humana e muitas outras categorias de dados que podem ser de grande utilidade para os tomadores de decisão. Estes mapas são produzidos através de densos arranjos de estações de amostragem, como dados sobre chuvas, ou a partir de substitutos obtidos por sensoriamento remoto, como é o caso da produtividade primária. **A qualidade dos dados depende da densidade das estações de amostragem, do tamanho do pixel e da adequabilidade dos substitutos derivados de**

of scales (Borgström *et al.* 2006, Hewitt *et al.* 2007, Curtin 2010). For example, the effects of climate may be extremely local (e.g. Ujvari *et al.* 2011), regional (e.g. Magnusson *et al.* 2010, Feeley *et al.* 2011) or global (e.g. Turner 2011). As with simple studies of biodiversity, integrated monitoring of the abiotic environment has to take into account the multiple scales at which decisions are



- *Diferentemente de outros grandes primatas na Amazônia, o Parauacu, Pithecia pithecia, costuma usar o dossel e o estrato médio da floresta, pulando de tronco em tronco quase que de forma horizontal.*
- *Unlike other primates in the Amazon, the Guaianan Saki Monkey, Pithecia pithecia, usually occupies the canopy and the middle stratum of the forest, leaping from trunk to trunk almost horizontally.*

sensoriamento remoto. Os dados estão sendo coletados e distribuídos por pessoas e organizações que entendem a importância da escala e das informações padronizadas que podem ser convertidas em camadas SIG. Nós não discutiremos mais além essa questão, exceto quando os estudos locais integrados possam ser usados para avaliar a eficácia da interpolação entre as estações de amostragem ou para calibrar os substitutos.

Como não é viável amostrar a biodiversidade diretamente em escalas suficientemente finas para produzir camadas SIG confiáveis (Capítulo 4), quase todas as decisões para escalas maiores que as locais serão feitas usando substitutos e isso frequentemente leva a escalas espaciais discrepantes (Magnusson 2004). Talvez a maior dificuldade para se lidar com isso seja a tendência da nossa percepção das relações da biodiversidade com o ambiente mudar ao longo do tempo (Lehrer 2010). Grant e Grant (2010) afirmaram que “uma descoberta adicional foi a percepção de que o monitoramento contínuo do ambiente é tão importante para a compreensão da evolução em longo prazo quanto o monitoramento contínuo das próprias populações de tentilhões”. Se existe pouco custo extra, muitas vezes é vantajoso registrar os dados ambientais, mesmo que não seja necessário para atingir os objetivos imediatos do estudo. As percepções de Wootton *et al.* (2008) envolvendo a taxa de mudança do pH no oceano surgiram devido à inclusão oportunística de uma sonda de pH em um equipamento usa-

made if it is to be effective and efficient. Systems to integrate other environmental services into models for decision makers are relatively advanced (e.g. Euliss *et al.* 2011, Medeiros *et al.* 2011), but biodiversity is not included in any systematic way, except to justify reserves.

Today it is possible to download maps or GIS layers for variables relating to climate, soils, primary productivity, human densities, and many other data categories that may be of great use to decision makers. These maps are either produced by dense arrays of sampling stations, such as data on rainfall, or from remote sensing surrogates, such as in the case of primary productivity. **The quality of the data depends on the density of recording stations, the pixel size and appropriateness of remote-sensing surrogates.** The data are being collected and distributed by persons and organizations that understand the importance of scale and standardized information that can be converted into GIS layers. We will not discuss these further except where integrated local studies can be used to evaluate the effectiveness of interpolation among sampling stations or to calibrate surrogates.

Because it is not viable to sample biodiversity directly at a scale sufficiently fine to produce reliable GIS layers (Chapter 4), almost all decisions for scales wider than local will be made using surrogates, and this frequently leads to spatial-scale mismatches (Magnusson 2004). Perhaps more difficult to deal with is the tendency of our perception of relationships of biodiversity with the environment to change over time (Lehrer 2010). Grant and Grant (2010) stated “An additional insight was the realization that



- *A inclusão de uma variável ambiental em um estudo pode ter utilidade para outros fins se estiver integrada espacialmente.*
- *The inclusion of an environmental variable in a study may have utility for other purposes if it is spatially integrated.*

do para medir a clorofila e a temperatura (Paine *et al.* 2010).

Combinações não-lineares das relações espécies-habitat levam a associações locais idiossincráticas que são extremamente difíceis de modelar sem um vasto conjunto de dados (Araújo & Guisan 2006, Hothorn *et al.* 2011, Matthiopoulos *et al.* 2011, Pansonato *et al.* 2012). Estudos recentes têm investigado a possibilidade de se prever a distribuição de espécies com base apenas nas relações entre as características biológicas e os preditores ambientais (por exemplo, Shipley *et al.* 2011). Em qualquer caso, os modelos requerem locais onde possam ser validados. Para a maioria das espécies, pode ser inviável

continuous monitoring of the environment is as important for an understanding of long-term evolution as the continuous monitoring of the finch populations themselves.” If there is little extra cost, it is often valuable to register environmental data even though it does not appear to be necessary for the immediate aims of the study. The insights of Wootton *et al.* (2008) into the rate of change in ocean pH came about because of the fortuitous inclusion of a pH probe on an instrument being used to measure chlorophyll and temperature (Paine *et al.* 2010).

Nonlinear combinations of species-habitat relationships lead to idiosyncratic local associations that are extremely difficult to model without extensive data sets (Araújo and Guisan 2006, Hothorn *et al.* 2011,

transferir os modelos de distribuição de espécies para outros períodos no tempo, por isso eles não fornecerão previsões razoáveis em caso de mudanças climáticas (Dobrowski *et al.* 2011). Estudos que são otimizados para fornecer dados para estudos normativos não serão úteis para os tomadores de decisão em escalas maiores, a não ser que os métodos sejam padronizados para que os dados possam ser integrados em meta-análises efetivas que incluam a investigação das interações entre as variáveis, além do simples tamanho dos efeitos.

Pode ser questionado porque nos preocupamos em padronizar a topografia em parcelas RAPELD uniformemente distribuídas se a maioria das decisões políticas é tomada em escalas maiores. A variação dentro de uma grade RAPELD reflete melhor o microclima do que o clima. Isto pode ser observado na distribuição de epífitas. A densidade de líquens, briófitas, samambaias e orquídeas epífitas tende a ser maior nas proximidades de córregos, onde a névoa e o orvalho são mais comuns. Isto é relevante para a compreensão da distribuição das espécies em escalas maiores em uma grande região sujeita às mudanças climáticas? As evidências das mudanças climáticas anteriores indicam que sim. A extrapolação dos modelos de distribuição climática de muitas espécies para as condições que prevaleceram durante o último período glacial indicam que elas deveriam ter sido extintas, apesar de as evidências sugerirem que essas espécies existiram por milhões de anos e persistiram ao longo de muitas glaciações (Antonelli

Matthiopoulos *et al.* 2011, Pansonato *et al.* 2012). Recent studies have investigated the possibility of predicting species distributions based only on the relationship between biological traits and environmental predictors (e.g. Shipley *et al.* 2011). In any case, models require places where they can be validated. For most species, it may not be possible to transfer species-distribution models to other time periods, so they will not give reasonable predictions under climate change (Dobrowski *et al.* 2011). Studies that are optimized to provide data for normative studies will not be useful for decision making at wider scales unless the methods are standardized so that data can be integrated into effective meta-analyses that include investigation of interactions among variables as well as simple effect sizes.



- *Dois pesquisadores visitantes da Austrália discutem o uso da infraestrutura RAPELD na Reserva Ducke.*
- *A infraestrutura precisa atender às necessidades de pessoas que usarão os dados para estudos integrados, além dos interesses de pesquisadores locais.*
- *Two visiting researchers from Australia discuss the use of RAPELD infrastructure in Reserva Ducke. The infrastructure must serve the needs of those who will use the data in integrated studies, and not just the interests of the local field researchers.*

et al. 2010). Tem-se argumentado que as mudanças climáticas induzidas pelo homem são muito maiores ou mais rápidas do que as ocorridas no passado (por exemplo, Williams *et al.* 2003), mas as mudanças ocorridas entre os períodos glaciais e interglaciais podem ter sido muito abruptas, talvez ocorrendo em poucos séculos (Gore 2007) e o rápido aquecimento no passado poderia ter aumentado a biodiversidade (Jaramillo *et al.* 2010). As taxas de migração não explicam a rápida recuperação de muitas espécies após o recuo das geleiras e parece que elas persistiram em microclimas restritos, embora o clima pudesse ter eliminado-as. **Portanto, em vez de excluí-las da paisagem, é provável que a mudança climática resulte na redistribuição das espécies através da paisagem.** As atuais associações de espécies (assembléias, comunidades) não existiam no passado (Wiens *et al.* 2009), deste



- *Plantas epífitas possuem boa capacidade de dispersão, mas costumam ter forte associação com a distribuição de umidade na paisagem.*
- *Epiphytes have good dispersal ability, but often have a strong association with the distribution of moisture in the landscape.*

It might be questioned why we bother to standardize topography in uniformly-distributed RAPELD plots if most political decisions will be made at much wider scales. Variation within a RAPELD grid reflects microclimate rather than climate. This can be seen in the distribution of epiphytes. The density of epiphytic lichens, bryophytes, ferns and orchids tends to be higher in stream valleys, where mist and dewfall are more common. Is this relevant to understanding species distributions at wider scales under region-wide climate change? The evidence from past climate change indicates that it may be so. Extrapolation of climate-distribution models for most species to the conditions that prevailed during the last glacial period indicate that they should have gone extinct, even though the evidence suggests that those species have existed for many millions of years, and have persisted through many glaciations (Antonelli *et al.* 2010). It has been argued that human-induced climate change is greater or much faster than changes in the past (e.g. Williams *et al.* 2003), but the change between glacial and interglacial periods may have been very abrupt, perhaps occurring over a few centuries (Gore 2007), and past rapid warming may have increased biodiversity (Jaramillo *et al.* 2010). Migration rates do not explain the quick recovery of many species after the retreat of glaciers, and it appears that they persisted in restricted microclimates, even though the general climate would have eliminated them. **Therefore, rather than forcing them off the landscape, climate change is likely to result in the redistribution of species across the landscape.** Present species associations (assemblages, communities) did not exist in the past (Wiens *et al.* 2009), so

modo é improvável que tentativas para preservá-las serão bem sucedidas. O máximo que podemos fazer é proteger os componentes biológicos dessas comunidades para que possam efetivamente formar novas associações (Wiens *et al.* 2009).

Nas seções seguintes, discutiremos diversos aspectos físico-químicos do ambiente e como eles podem ser integrados com os dados sobre a distribuição da biodiversidade. Em alguns casos, essas variáveis são derivadas da biodiversidade (por exemplo, a estrutura da floresta, nitrogênio e matéria orgânica no solo), mas vamos tratá-las neste capítulo, porque elas são frequentemente usadas para prever a distribuição de outros elementos da biodiversidade, e podem ser usadas eventualmente como substitutos, pois podem ser estimadas a partir de sensoriamento remoto ou outros dados prontamente disponíveis na internet.

Um dos pontos mais caros na instalação das parcelas RAPELD está relacionado com a estimativa da altitude. Conforme descrito no Capítulo 3, as parcelas RAPELD uniformemente distribuídas seguem os contornos altitudinais, e nós geralmente contratamos um topógrafo para fornecer as medidas precisas de altitude. As estimativas de altitude estão prontamente disponíveis através dos dados do ‘Shuttle Radar Topography Mission’ (SRTM) e podem até mesmo ser obtidas através do Google Earth. Entretanto, as medidas do SRTM medem o dossel e não a altura do solo, e não foram calibradas para a maioria das regiões. Schietti *et al.* (2007) investigaram a relação entre



- A *Cuíca-d’água*, *Chironectes minimus*. Esse marsupial neotropical é tão especializado para a vida em riachos que raramente é encontrado longe da água. Alimenta-se de peixes, crustáceos e invertebrados aquáticos.
- *The Water Opossum*, *Chironectes minimus*. This neotropical marsupial is so specialized to live in streams that it is rarely found away from water. It feeds on fish, crustaceans and aquatic invertebrates.

attempts to preserve them are unlikely to be successful. The most we can hope to do is to protect the biological components of those communities so that they can effectively form new associations (Wiens *et al.* 2009).

In the following sections we will discuss several physical-chemical aspects of the environment and how they can be integrated with data on the distribution of biodiversity. In some cases, those variables are derived from biodiversity (e.g. forest structure, nitrogen and organic matter in the soil), but we will treat them in this chapter because they are often used to predict the distribution of other elements of biodiversity, and they can sometimes be used as surrogates because they can be estimated from remote-sensing or other data readily available on the internet.

One of the most expensive aspects of the installation of RAPELD plots is related to the estimation of altitude. As outlined

as imagens do SRTM e as medidas de altitude abaixo do dossel, e os dados do SRTM previram apenas 70% da variação nas altitudes medidas na Reserva Ducke. Embora essa precisão seja útil para fazer mapas em grande escala, ela pode não ser adequada para modelos de associação de hábitat em escalas locais. Em áreas de floresta com dossel mais aberto, as medidas do SRTM podem ter outras limitações, porque áreas com o solo supersaturado e exposto na grade do Viruá forneceram estimativas altitudinais que estavam abaixo do nível do solo. Os estudos sobre o SRTM ilustram o fato de que as medidas locais detalhadas podem ser tão úteis para os especialistas em sensoriamento remoto, que precisam de dados de campo para a calibração, quanto para os especialistas em biodiversidade, que precisam de dados de campo para avaliar o uso de substitutos derivados do sensoriamento remoto.

Os pesquisadores que estudam a biodiversidade frequentemente procuram relacionar a distribuição de suas espécies com a estrutura da vegetação.

Isso pode acontecer porque a estrutura da floresta afeta o microclima (por exemplo, Kapos 1989) ou porque a estrutura da vegetação reflete fontes de energia para as cadeias alimentares (por exemplo, Magnusson *et al.* 2001). Medidas diretas da estrutura da vegetação são demoradas e os diferentes aspectos de suas estruturas, tais como altura, cobertura e estratificação, requerem métodos diferentes. Algumas medidas, como o diâmetro de árvores, podem

in chapter 3, uniformly-distributed RAPELD plots follow the altitudinal contours, and we generally hire a professional topographer to provide precise measures of altitude. Altitude estimates are readily available from *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) data, and can even be obtained from Google Earth. However, SRTM measures canopy rather than ground height, and has not been calibrated for most regions. Schietti *et al.* (2007) investigated the relationship between SRTM and measured altitude under the canopy, and the SRTM data only predicted 70% of the variation in measured altitudes in Reserva Ducke. Although this precision is useful to make wide-scale maps, it may not be adequate for habitat-association models at local scales. In areas without closed-canopy forest, SRTM may still have limitations because areas with supersaturated exposed soil in the Viruá grid returned altitudinal estimates that were below ground level. The SRTM studies illustrate the fact that detailed local measurements can be as useful to remote-sensing specialists, who need ground data for calibration, as they are to biodiversity specialists, who need ground data to evaluate the use of remote-sensing surrogates.

Researchers studying biodiversity often want to relate the distribution of their species to vegetation structure. This may be because forest structure affects microclimate (e.g. Kapos 1989), or because vegetation structure reflects sources of energy for food chains (e.g. Magnusson *et al.* 2001). Direct measures of vegetation structure are time consuming, and different aspects of vegetation structure, such as height, cover and stratification, require different methods. Some measurements, such as

fornecer dados que são usados tanto para a estimativa de estoques de carbono (por exemplo, Castilho *et al.* 2006, 2010), biomassa de raízes (Barbosa *et al.* 2012) e liteira grossa (Silva 2011), e também como indicadores da estrutura da floresta e de savana para estudos de outros organismos (por exemplo, Menin *et al.* 2007, Pike *et al.* 2011). Entretanto, as medidas de árvores mais adequadas para estimar os estoques de carbono podem não ser a melhor opção para a representação da estrutura da vegetação que é importante para os animais. Medidas horizontais da obstrução da vegetação (por exemplo, Zehm *et al.* 2003) podem ser mais apropriadas para os animais associados ou afetados pela obstrução da vegetação, como morcegos, pássaros e aranhas.

Medidas diretas de luz podem ser feitas com ‘*data loggers*’ ligados a sensores de luz, mas é importante usar o sensor adequado para a questão. Os lagartos podem responder mais à qualidade e orientação da luz do que à sua intensidade, razão pela qual muitos estudos de termorregulação de lagartos utilizam modelos físicos para avaliar as condições de termorregulação (por exemplo, Shine & Kearney 2001). As plantas não usam todos os comprimentos de onda de luz para a realização da fotossíntese e sensores especiais ou técnicas computacionais são muitas vezes necessárias para estimar a incidência da radiação fotossinteticamente ativa (Chazdon & Field 1987). O problema é que é necessário usar muitos sensores em longos períodos para estimar as condições médias dentro de uma



- O Udu, *Momotus momota*, alimenta-se de frutos, insetos e pequenos vertebrados. É encontrado somente em ambientes florestais.
- The Amazonian Motmot, *Momotus momota*, feeds on fruits, insects and small vertebrates. It is only found in forested areas.

tree diameters, may give data that are useful for both estimation of carbon stocks (e.g. Castilho *et al.* 2006, 2010), root biomass (Barbosa *et al.* 2012) and coarse wood debris (Silva 2011), and as indicators of savanna and forest structure for studies of other organisms (e.g. Menin *et al.* 2007, Pike *et al.* 2011). However, measures of trees appropriate for measuring carbon stocks may not be the best representation of vegetation structure important to animals. Horizontal measures of vegetation obstruction (e.g. Zehm *et al.* 2003) may be more appropriate for animals associated with, or affected by, vegetation clutter, such as bats, birds and spiders.



- *Fotografia hemisférica de dossel na Estação Ecológica de Maracá, Roraima. A quantidade de luz que chega ao sub-bosque pode ser estimada por fotografias hemisféricas.*
- *Hemispherical photograph of the canopy in Maracá Ecological Station, State of Roraima. The amount of light reaching the understory can be estimated from hemispherical photographs.*

parcela. A maioria dos estudos em sítios RAPELD considerou a disponibilidade de luz usando apenas a cobertura da vegetação medida com um densiômetro ou com fotografias hemisféricas como um índice de disponibilidade relativa de luz (Drucker *et al.* 2008, Zuquim *et al.* 2009, Brandão 2011). **Devido ao fato de a estrutura da vegetação ser dinâmica por causa da formação de clareiras ou da sucessão, as medidas de disponibilidade relativa de luz devem ser realizadas simultaneamente com a amostragem dos organismos-alvo.**

Uma nova e promissora tecnologia para avaliar a estrutura da vegetação é

Direct measures of light can be made with data loggers attached to light sensors, but it is important to use the right sensor for the question. Lizards may respond to quality and orientation of light more than its intensity, which is why many studies of lizard thermoregulation use physical models to evaluate conditions for thermoregulation (e.g. Shine and Kearney 2001). Plants do not use all wavelengths of light for photosynthesis and special sensors or computational techniques are often necessary to estimate incidence of photosynthetically active radiation (Chazdon and Field 1987). The problem is that it is necessary to use many sensors, and long periods, to estimate the average conditions within a plot. Most studies in RAPELD sites

o LiDAR ('*Light Detection and Ranging*'). Esta tecnologia produz efetivamente um perfil da vegetação que pode ser dissecado em componentes apropriados para quase todas as perguntas (por exemplo, Vepakomma *et al.* 2011, Vierling *et al.* 2011a, Stark *et al.* 2012). Os dados podem ser obtidos a partir do solo, a partir de aviões ou de satélites (Vierling *et al.* 2011b). Entretanto, é importante calibrar o LiDAR em áreas com estudos intensivos das características da vegetação. Um consórcio de instituições (Amazon PIRE: <http://www.amazonpire.org/>) está realizando estudos na Reserva Ducke com LiDAR em solo e em aeronaves, aproveitando a configuração das parcelas RAPELD. As parcelas uniformemente distribuídas ao longo de linhas retas, são relativamente homogêneas internamente em relação à topografia e vegetação, sendo ideais para calibrar o LiDAR instalado em aeronaves. Esperamos que os dados obtidos com o LiDAR possam tornar redundantes muitas das medições mais trabalhosas da estrutura da vegetação que realizamos atualmente. Porque produzem uma grande quantidade de dados georreferenciados ao longo de uma grande distância em vista planimétrica, e amostram a paisagem em proporção à disponibilidade, **as parcelas uniformemente distribuídas que seguem os contornos do terreno estão sendo usadas para a calibração de muitas formas de sensoriamento remoto**, uma atividade muito requisitada pelos pesquisadores que trabalham com sensoriamento remoto (Gerard *et al.* 1998, Turner 2011).

that considered light availability only used vegetation cover, as measured with a densitometer or hemispherical photographs, as an index of relative light availability (Drucker *et al.* 2008, Zuquim *et al.* 2009, Brandão 2011). **Because vegetation structure is dynamic due to gap formation or succession, measures of relative light availability should be made simultaneously with the surveys of the target organisms.**

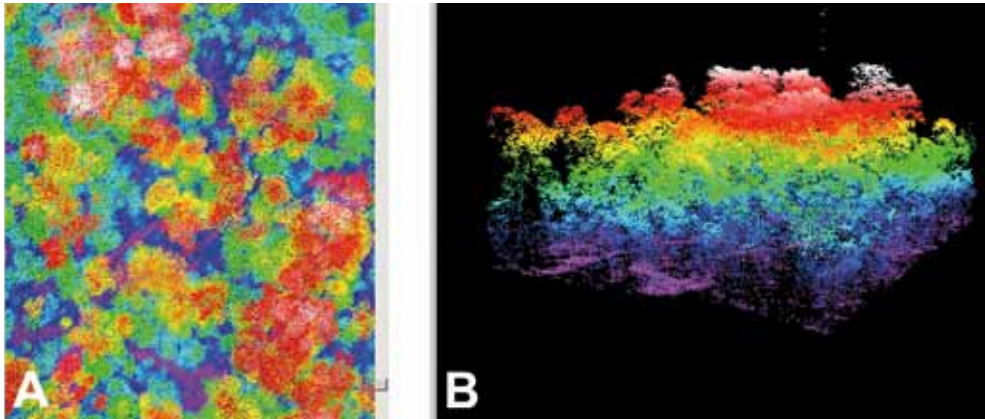
A promising new technology to evaluate vegetation structure is Light Detection and Ranging (LiDAR). This technology effectively produces a profile of the vegetation that can be dissected into components appropriate for almost any question (e.g. Vepakomma *et al.* 2011, Vierling *et al.* 2011a, Stark *et al.* 2012). Data can be obtained from the ground, from



FOTO: JAKE BRYANT | ENVIROFOTO.COM

- Pesquisadora coletando dados do LiDAR ao nível do solo na Reserva Ducke, um sítio RAPELD que possui informações detalhadas das características da vegetação. Medidas diretas da vegetação são necessárias para calibrar o LiDAR de chão, aéreo e de satélites.
- Researcher collecting LiDAR data at ground level in Reserva Ducke, a RAPELD site that has detailed information on vegetation characteristics. Direct measurements of vegetation are important for calibrating ground, aerial and satellite-borne LiDAR.

IMAGE/IMAGE: SCOTT SALESKA



- *Vista aérea (A) e representação 3D (B) de um trecho de uma floresta na Flona do Tapajós utilizando a tecnologia LiDAR ("Light Detection and Ranging") para medir a estrutura da vegetação. As parcelas uniformemente distribuídas ao longo de linhas retas são relativamente homogêneas internamente em relação à topografia e vegetação, sendo ideais para calibrar o LiDAR instalado em aeronaves.*
- *Aerial view (A) and 3D representation (B) of a section of a forest in the Tapajós National Forest using LiDAR (Light Detection and Ranging) technology to measure vegetation structure. The evenly distributed plots along straight lines are relatively homogeneous internally with respect to topography and vegetation, making them ideal for calibrating airborne LiDAR.*

A topografia provavelmente afeta diretamente a disponibilidade de água (Potts *et al.* 2004, Balvanera *et al.* 2010, Feeley *et al.* 2011) e a mortalidade de árvores (Toledo *et al.* 2011), e mesmo quando as relações provavelmente são mais indiretas, tais como as relações entre a inclinação do terreno e a distribuição de samambaias e palmeiras (Costa *et al.* 2005, Costa *et al.* 2009, Zuquim *et al.* 2009), dados topográficos disponíveis a partir de sensoriamento remoto podem ser usados para a extrapolação além do local de estudo. A altitude e a inclinação sozinhas podem prever a biomassa arbórea acima do solo na Reserva Ducke tão bem quanto as variáveis do solo, que geralmente não estão disponíveis para grandes áreas (Castilho *et al.* 2006). **Muitos dos substitutos usados para a estratificação estão relacionados com a topografia.** Portanto, faz senti-

aircraft or from satellites (Vierling *et al.* 2011b). However, it is important to calibrate LiDAR in areas with intensive studies of vegetation characteristics. A consortium of institutions (Amazon PIRE: <http://www.amazonpire.org/>) is undertaking studies with ground and air-borne LiDAR in Reserva Ducke, taking advantage of the uniformly-distributed RAPELD plots, which being distributed along straight lines, and relatively internally homogeneous in relation to topography and vegetation, are ideal for calibrating airborne LiDAR. Hopefully, LiDAR data will make redundant many of the more laborious measurements of vegetation structure that we currently undertake. Because they produce a lot of georeferenced data along a large distance in plan view, and sample the landscape in proportion to availability, **uniformly-distributed plots that follow the contours are useful for calibrating many forms of remote**

do medi-la o mais precisamente possível em parcelas que serão usadas para investigar as relações entre a biodiversidade e outras variáveis ambientais.

Muitos estudos têm associado a distribuição dos organismos, especialmente plantas, com o solo (por exemplo, Tuomisto *et al.* 2003, Kinupp & Magnusson 2005, Costa *et al.* 2005, Aguiar *et al.* 2006, Castilho *et al.* 2006, Pinto 2006, Menin *et al.* 2007, Braga-Neto *et al.* 2008, Franklin *et al.* 2008, Costa *et al.* 2009, Zuquim *et al.* 2009, Castilho *et al.* 2010, Laurance *et al.* 2010, Cunha *et al.* 2010, Hubbell 2010, Vale 2011a) e definições de ecorregiões normalmente incluem variáveis relacionadas ao solo (Bryce *et al.* 1999). A maioria dos estudos de distribuição de espécies dentro de grades

sensing, a largely unfulfilled requirement of the remote-sensing community (Gerard *et al.* 1998, Turner 2011).

Topography probably directly affects water availability (Potts *et al.* 2004, Balvanera *et al.* 2010, Feeley *et al.* 2011) and tree mortality (Toledo *et al.* 2011), and even when the relationships are probably more indirect, such as the relationships between slope and the distributions of ferns and palms (Costa *et al.* 2005, Costa *et al.* 2009, Zuquim *et al.* 2009), topographic data available from remote sensing may be useful for extrapolation beyond the study site. Altitude and slope alone can predict above-ground arboreal biomass in Reserva Ducke about as well as soil variables, which are generally not available over large areas (Castilho *et al.* 2006). **Many of the surrogates used for stratification are related to topography.** Therefore, it makes sense to measure it as precisely as feasible in plots that will be used to investigate relationships between biodiversity and other environmental variables.

Many studies have associated organism, especially plant, distributions with soil (e.g. Tuomisto *et al.* 2003, Kinupp and Magnusson 2005, Costa *et al.* 2005, Aguiar *et al.* 2006, Castilho *et al.* 2006, Pinto 2006, Menin *et al.* 2007, Braga-Neto *et al.* 2008, Franklin *et al.* 2008, Costa *et al.* 2009, Zuquim *et al.* 2009, Castilho *et al.* 2010, Laurance *et al.* 2010, Cunha *et al.* 2010, Hubbell 2010, Vale 2011a), and definitions of ecoregions usually include variables related to soil (Bryce *et al.* 1999). Most of the studies of species distributions within RAPELD grids have used soil characteristics as predictor variables. However, in most cases, within sites, only a small amount of the variance in densities of individual species is associated



- *O fungo Marasmius castellanoi possui uma forte estrutura espacial determinada pela topografia, ocorrendo em platôs e vertentes de floresta de terra firme na Amazônia. Contudo, a distribuição da espécie parece estar condicionada pela distribuição de seus hospedeiros (Eschweilera spp.).*
- *The fungus Marasmius castellanoi has a strong spatial structure determined by topography, occurring in plateaus and slopes of upland forest in the Amazon. However, the distribution of the species seems to be conditioned by the distribution of their hosts (Eschweilera spp.).*

RAPELD tem usado as características do solo como variáveis preditoras. Entretanto, em muitos casos, dentro dos sítios apenas uma pequena parte da variância nas densidades dos indivíduos das espécies está associada com a química ou características estruturais dos solos (Oliveira *et al.* 2008). Isto pode ocorrer devido a uma variação relativamente pequena dentro dos sítios. Em regiões amplas, grande parte da variação na composição de espécies pode estar relacionada às características do solo (por exemplo, Tuomisto *et al.* 2003, Quesada *et al.* 2010). Sítios com grande variação na fertilidade, como a grade RAPELD na Reserva Biológica do Uatumã, mostram um efeito muito mais forte do solo na distribuição das espécies (Zuquim *et al.*

with chemical or structural characteristics of soils (Oliveira *et al.* 2008). This may be due to the relatively small amplitude of variation within sites. Across large regions, much of the variation in species composition can be related to soil characteristics (e.g. Tuomisto *et al.* 2003, Quesada *et al.* 2010), and sites with large variation in fertility, such as the Uatumã RAPELD grid, show much stronger effects of soil on species distributions (Zuquim *et al.* 2012, Pansonato *et al.* 2012). Soil characteristics are generally associated with topography in central Amazonia (Chauvel *et al.* 1987, Luizão *et al.* 2004), and elsewhere. Therefore, **RAPELD plots, which follow the altitudinal contours, tend to have less variation in soil characteristics than square plots**, and this allows finer resolution of



- As características do solo são importantes para a distribuição de plantas, fungos e animais. A coleta de amostras de solo pode ser feita após um breve treinamento da equipe de campo, e o custo das análises compensa pela utilidade dos dados gerados.
- Soil traits are important for the distribution of plants, fungi and animals. Collection of soil samples can be done by field staff after brief training, and the cost of laboratory analyses is compensated by the usefulness of the data generated.

2012, Pansonato *et al.* 2012). As características do solo geralmente estão associadas com a topografia na Amazônia central (Chauvel *et al.* 1987, Luizão *et al.* 2004) e em outros lugares. Portanto, **as parcelas RAPELD, que seguem os contornos altitudinais, tendem a ter menos variação nas características do solo que as parcelas quadradas**, e isso permite uma resolução mais fina das relações solo-planta, bem como facilita a extrapolação usando sensoriamento remoto (Castilho *et al.* 2006, 2010).

Em regiões com fortes falhas tectônicas, as características do solo podem estar menos associadas com a altitude e, neste caso, as parcelas RAPELD poderiam apresentar tanta variação interna quanto parcelas convencionais. Também, pode haver variação considerável nas características do solo ao longo dos contornos altitudinais em áreas extremamente planas, como no Parque Nacional do Viruá. Embora haja uma coincidência em grandes escalas entre as características do solo e altitude dentro da grade RAPELD no Viruá, algumas das parcelas uniformemente distribuídas apresentam uma considerável variação interna nos solos, e a estrutura da vegetação varia de arbustiva a arbórea na mesma parcela (<http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/virua>). Isso ilustra o fato de que nenhum desenho de parcela pode eliminar totalmente a variação interna, e o uso do desenho depende da escala e natureza da questão.

Por causa da ênfase do RAPELD em fenômenos espacialmente explícitos, e da importância da topografia, nós inicialmente gastamos muito dinheiro



- *Folha fértil de Cyclopeltis semicordata, uma samambaia de sub-bosque indicadora de solo fértil em uma pequena parte da grade RAPELD na Reserva Uatumã. É considerada rara porque na Amazônia predominam solos pobres, mas ocorre de forma adensada em manchas de solos ricos.*
- *Fertile leaf of Cyclopeltis semicordata, an understory fern indicator of fertile soil in a small part of the RAPELD grid in Uatumã Biological Reserve. It is considered rare because poor soils predominate in the Amazon, but occurs in clumps in patches of rich soil.*

soil-plant relationships, as well as facilitating extrapolation using remote sensing (Castilho *et al.* 2006, 2010).

In regions with strong faulting, soil characteristics may be less associated with altitude, and in this case RAPELD plots may show as much internal variation as conventional plots. There may also be considerable variation in soil characteristics along altitudinal contours in extremely flat areas, such as the Viruá National Park. Although there is wide-scale coincidence between soil characteristics and altitude within the Viruá RAPELD grid, some of the uniformly-distributed plots show considerable internal variation in soils, and vegetation structure varies from shrubland to forest in the same plot (<http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/virua>). This illustrates the fact that no plot design

para ter topógrafos profissionais trabalhando em nossas grades e módulos. Isso nos permitiu fazer perguntas mais detalhadas, mas a extrapolação sempre envolveu o uso de dados menos precisos de sensoriamento remoto e a obtenção de medidas mais precisas pode ser um desperdício (Billick 2010). Hoje, é possível obter localizações extremamente precisas com o uso de GPS portátil e equipamentos topográficos só são necessários para obter altitudes precisas. Pode ser necessário pagar um topógrafo profissional para obter uma

can totally remove internal variation, and the utility of the design depends on the nature and scale of the question.

Because of the RAPELD emphasis on spatially-explicit phenomena, and the importance of topography, we initially spent a lot of money to have professional topographers survey in our grids and modules. That allowed us to ask many detailed questions, but extrapolation always involved use of much less precise remote-sensing data, so obtaining very precise measurements may be overkill (Billick 2010). Today, it is possible to obtain extremely accurate plan metric locations with hand-held GPS equipment, and topographic equipment is only necessary to obtain precise altitudes. It may be necessary to pay a professional topographer to obtain a precise altitude for one point on the grid, but subsequent measures can be obtained by staff with only limited training (Billick 2010). We provide data on geographical location so that non-specialists can determine where they are on a grid without GPS equipment, but technological advances are rapidly making this redundant. **In most locations, a RAPELD grid or module can be installed by staff with a minimum of training and equipment (e.g. compass, GPS, marking stakes and machete)**, and more precise geographical locations can be obtained when the studies, such as localization of trees on satellite images, require it.

Soil water appears to be one of the primary determinants of organismal distributions and biology (e.g. Saatchi *et al.* 2007, Lima *et al.* 2010). The effects of climate change could result from the direct effects of temperature (Sinervo *et al.* 2010), but most organisms can avoid lethal temperatures by behavior



- Técnico de campo montando parcelas de distribuição uniforme. Uma grade ou módulo RAPELD pode ser instalada após treinamento básico usando equipamentos acessíveis, como bússola, GPS, estacas de marcação e barbante.
- Field technician installing a uniformly distributed plot. A RAPELD grid or module can be installed after brief training using easily available equipment, such as compass, GPS, marking poles and string.

altitude precisa de um ponto da grade, mas as medidas subseqüentes podem ser obtidas apenas com uma equipe com treinamento limitado (Billick 2010). Nós fornecemos os dados sobre localização geográfica para que os não especialistas possam determinar onde eles estão em uma grade sem o equipamento de GPS, mas os avanços tecnológicos estão rapidamente tornando isso redundante. **Em muitos lugares, uma grade ou módulo RAPELD pode ser instalado por pessoas com um mínimo de treinamento e equipamentos (por exemplo, bússola, GPS, estacas de marcação e facão)** e as localizações geográficas mais precisas podem ser obtidas quando os estudos, tais como localização das árvores em imagens de satélite, requererem estes dados.

A água no solo parece ser um dos principais determinantes da biologia e da distribuição dos organismos (por exemplo, Saatchi *et al.* 2007, Lima *et al.* 2010). Os efeitos das mudanças climáticas poderiam resultar dos efeitos diretos da temperatura (Sinervo *et al.* 2010), mas muitos organismos podem evitar temperaturas letais pela seleção do micro-habitats ou comportamento. Portanto, **os efeitos da mudança climática serão, provavelmente, mediados pelos efeitos na disponibilidade de água** (por exemplo, Feeley *et al.* 2011). Áreas ripárias são reconhecidas como um habitat crítico para muitos organismos (Sabo *et al.* 2005), e isto ocorre provavelmente em grande parte devido à disponibilidade de água. A produção primária de algu-



- *Montar o acampamento ao lado de riachos pode ser conveniente para buscar água, mas o nível dos igarapés na Amazônia pode subir rapidamente e deixar tudo alagado.*
- *Camping next to streams may be convenient to fetch water, but the level of the streams in the Amazon can rise quickly and flood the camp site.*

or microhabitat selection. Therefore, **the effects of climate change are likely to be mediated by effects on water availability** (e.g. Feeley *et al.* 2011). Riparian areas are recognized as critical habitat for many organisms (Sabo *et al.* 2005), and this is probably largely due to water availability. Primary productivity of some areas in the Amazon is probably restricted by the lack of soil water, whereas in others it is restricted by waterlogging. This may explain part of the controversy over the effects of drought in the Amazon, with some areas greening during droughts, and others not (Saleska *et al.* 2007, Samantha *et al.* 2010, Huerte *et al.* 2006, Meir and Woodward 2010).

Perhaps because of the emphasis on soils in determining the distribution of Amazonian organisms, we initially invested little in investigations of soil moisture. However, ecosystems may be determined by groundwater (Brown *et al.* 2011a) and the diversity of species in a given site

mas áreas na Amazônia é provavelmente limitada pela falta de água no solo, enquanto em outras regiões é restringida pelo alagamento. Isto pode explicar parte da controvérsia sobre os efeitos da seca na Amazônia, com algumas áreas ficando mais verdes durante as secas e outras não (Saleska *et al.* 2007, Samantha *et al.* 2010, Huerte *et al.* 2006, Meir & Woodward 2010).

Talvez por causa da ênfase nos efeitos do solo em determinar a distribuição dos organismos na Amazônia, nós inicialmente investimos pouco nas investigações da umidade do solo. Entretanto, os limites de ecossistemas podem ser determinados pelas águas subterrâneas (Brown *et al.* 2011a) e a diversidade de espécies em um dado sítio determinada por nichos definidos hidrológicamente (Silvertown *et al.* 1999). De acordo com essas teorias, resultados de estudos em muitos sítios RAPELD, especialmente o Parque Nacional do Viruá, o Pantanal do Pirizal (Fernandes *et al.* 2010) e os módulos ao longo da rodovia BR 319, indicaram que **a disponibilidade de água no solo e o alagamento são variáveis críticas para a compreensão da distribuição e dinâmica dos organismos**. Portanto, nós agora instalamos piezômetros de 7m de profundidade no início de todas as parcelas onde for possível (por exemplo, onde não exista rocha superficial). Estes são baratos para instalar e podem ser monitorados por trabalhadores não qualificados ou coletores de dados automáticos, dependendo das condições locais. Determinar a capacidade de retenção de água do solo é mais difícil, e os dispositivos comerciais para



- *Planície em Roraima com florestas abertas dominadas por palmeiras e a Serra da Mocidade ao fundo. A distribuição de água no solo e o alagamento são fatores importantes para entender a distribuição e a dinâmica dos organismos, especialmente em áreas planas e baixas, como esta.*
- *Plain in the State of Roraima with open forests dominated by palm trees and the 'Serra da Mocidade' in the background. The distribution of water in the soil and flooding are important for understanding the distribution and dynamics of organisms, especially in low-lying flat areas such as this.*

determined by hydrologically defined niches (Silvertown *et al.* 1999). In accordance with those theories, results from studies in many RAPELD sites, especially the Viruá National Park, the Pirizal in the Pantanal (Fernandes *et al.* 2010), and modules along the BR 319 highway indicated that **soil humidity and waterlogging were critical variables for understanding organism distributions and dynamics**. Therefore, we now install 7-m dip wells at the start of all plots where it is feasible (i.e. where there are no superficial rock shelves). These are cheap to install and can be monitored by unskilled workers or data loggers, depending on the local conditions. Determination of the water holding capacity of the soil is more difficult, and commercial devices to measure water availability in the soil for agricultural purposes generally

medir a disponibilidade de água no solo para fins agrícolas em geral carecem de precisão para os baixos potenciais de água que são importantes para a vegetação natural. Estamos agora tentando avaliar a disponibilidade sazonal da água em solos de todas as parcelas, e equações preditivas relacionando as chuvas e a estrutura do solo com a capacidade de retenção de água devem permitir estudos mais eficientes em um futuro próximo.

Enquanto os estudos de umidade do solo e profundidade do lençol freático são úteis para indicar mudanças em parcelas individuais, e eles possam ser considerados em conjunto para avaliar as alterações no ecossistema (Feeley *et al.* 2011), nenhuma medida integra toda a paisagem. Em contraste, a água que flui

lack precision for the low water potentials important for natural vegetation. We are now attempting to evaluate seasonal water availability in soils of all plots, and predictive equations relating rainfall and soil structure to water retention capacity of the soil should allow more efficient studies in the near future.

While studies of soil moisture and water-table depth are useful to indicate changes in individual plots, and they can be considered together to evaluate ecosystem changes (Feeley *et al.* 2011), no single measurement integrates across the landscape. In contrast, the water flowing through aquatic plots integrates influences that have occurred across the catchment. Therefore, measures of water quality and stream substrates in aquatic plots may indicate important spatial and temporal variation. For instance, studies



- *Igarapé do Acará, Reserva Ducke. Informações padronizadas da drenagem de água podem permitir uma melhor compreensão e a detecção precoce de alterações no ecossistema, pois a água que flui através das parcelas aquáticas integra influências que ocorreram em toda a bacia.*
- *Acará stream, Reserva Ducke. Standardized information on hydrology may allow a better understanding and earlier detection of changes in the ecosystem, because the water that flows through the aquatic plots integrates influences distributed throughout the basin.*

através das parcelas aquáticas integra influências que ocorreram em toda a bacia. Portanto, medidas da qualidade da água e dos substratos de riachos em parcelas aquáticas podem indicar variações espaciais e temporais importantes. Por exemplo, estudos de diversos grupos de organismos indicaram diferenças entre as bacias leste e oeste da Reserva Ducke (Kinupp & Magnusson 2005, Mendonça *et al.* 2005, Menin 2005, Pazin *et al.* 2006, Rodrigues 2006). Apesar das faixas de altitudes, declives e as condições do solo serem semelhantes nas duas bacias de drenagem, a química da água foi muito diferente entre as duas bacias (Mendonça *et al.* 2005). Parece que a química da água foi capaz de captar os efeitos no ecossistema devido às diferenças sutis na largura do baixio nas duas drenagens. Ninguém havia previsto tais diferenças com base em imagens de satélite. Porém, com o benefício da retrospectiva, muitos pesquisadores afirmaram que eles poderiam tê-las previsto. **Medidas padronizadas da drenagem de água nos sítios de estudo podem permitir uma melhor compreensão das diferenças entre os sítios e a detecção precoce de muitas alterações no ecossistema.** Elas são fáceis de integrar com os estudos de organismos aquáticos, tais como insetos, crustáceos e peixes, e deveriam fazer parte da maioria das pesquisas ecológicas de longa duração.

Existe uma forte variação clinal na densidade de muitas espécies na floresta amazônica, mas os únicos habitats consistentemente distintos são as áreas ripárias associadas. Existem

of several groups of organisms indicated differences between the eastern and western watersheds in Reserva Ducke (e.g. Kinupp and Magnusson 2005, Mendonça *et al.* 2005, Menin 2005, Pazin *et al.* 2006, Rodrigues 2006). However, the ranges of altitudes, slopes and soil conditions were similar in both catchments. In contrast, water chemistry was very different in the two catchments (Mendonça *et al.* 2005). It seems that the water chemistry was able to capture ecosystem effects due to the subtle differences in the



- *Hypsiboas punctatus* na cidade de Borba, na margem direita do rio Madeira. Anfíbios são excelentes candidatos a estudos de distribuição de espécies sob efeitos da mudança climática, mas é imprescindível planejar a integração dos dados bióticos e abióticos para calibrar e entender a relação da distribuição das espécies com o ambiente.
- *Hypsiboas punctatus* in the town of Borba, on the right bank of the Madeira River. Amphibians are excellent candidates for studies of species distribution under climate change, but it is essential to plan the integration of biotic and abiotic data to calibrate and understand the relationship between the distribution of species and the environment.

clinas dentro de áreas ripárias (Drucker *et al.* 2008), mas em escalas maiores as áreas ripárias parecem distintas (Sabo *et al.* 2005). O SRTM pode ser usado para estimar a altura acima da drenagem mais próxima ('*height above the nearest drainage*', HAND) que parece ser promissora para reconhecer áreas ripárias (áreas com solos supersaturados) ao longo de grandes áreas (Rennó *et al.* 2008, Nobre *et al.* 2011). Entretanto, por causa da imprecisão do SRTM para escalas locais, uma quantidade considerável de pré-processamento é necessária para remover as anomalias, tais como córregos que parecem correr um em direção ao outro e desaparecem dentro do chão. Estudos que relacionam a distribuição das espécies com os habitats reconhecidos pelo HAND poderiam ser usados para prever as distribuições atuais da biodiversidade e as distribuições sob os efeitos da mudança climática.

Existem muitas outras medidas que poderiam ser realizadas, dependendo dos recursos disponíveis e da segurança dos equipamentos deixados no campo. Por exemplo, estações meteorológicas automáticas para registro do microclima podem ser instaladas em todas as parcelas, e isso tem sido feito em algumas grades RAPELD (Marlucia Martins, *com. pess.*). **Como as parcelas uniformemente distribuídas mostram a topografia em proporção à sua ocorrência na paisagem, elas podem ser usadas junto com estações climáticas para modelar os efeitos do ecossistema.** Construir módulos RAPELD próximos a instalações pré-existentes, tais como torres de

width of the valleys in the two catchments. No-one had predicted such differences based on the satellite images, though, with the benefit of hindsight, many researchers claim that they could have predicted them. **Standard measurements of water draining from study sites will allow better understanding of differences among sites, and allow early detection of many ecosystem changes.** They are easy to integrate with studies of aquatic organisms, such as insects, crustaceans and fish, and should be part of most long-term ecological research.

There is strong clinal variation in density of many species in the Amazon forest, but the only consistently distinct habitats are associated with riparian areas. There are clines within riparian areas (Drucker *et al.* 2008), but at wider scales the riparian areas appear distinct (Sabo *et al.* 2005). SRTM can be used to estimate the height above the nearest drainage (HAND), which appears to have great promise for recognizing riparian areas (areas with super saturated soils) over large areas (Rennó *et al.* 2008, Nobre *et al.* 2011). However, because of the imprecision of SRTM at local scales, a considerable amount of preprocessing is required to remove anomalies, such as streams that appear to flow towards each other and disappear into the ground. Studies that relate species distributions to habitats recognized by HAND could be very useful for predicting current distributions, and distributions under climate change.

There are many other measurements that could be made, depending on the resources available and security for equipment left in the field. For instance, automatic weather stations to record microclimate can be



- Torre de fluxo atmosférico do LBA na ZF-2, ao norte de Manaus. As grades e módulos RAPELD podem ser integrados com estações climáticas para modelar efeitos ecossistêmicos. A instalação de infraestrutura próximo a instalações pré-existentes facilita a integração.
- LBA eddy-flux tower in the ZF-2 road, north of Manaus. RAPELD grids and modules can be integrated with weather stations to model ecosystem effects. The installation of infrastructure near pre-existing facilities facilitates integration.

fluxo atmosférico, pode gerar grandes benefícios para os pesquisadores da biodiversidade e para os pesquisadores das ciências físicas que estão interessados em saber como suas medidas estão relacionadas com a biodiversidade ou a elementos armazenados na biodiversidade. Muitas organizações governamentais estão coletando dados meteorológicos ou limnológicos, e seus sítios de amostragem deveriam ser considerados quando for o momento de selecionar sítios de pesquisa da biodiversidade de longo prazo.

Neste capítulo, consideramos uma série de aspectos físico-químicos do ambiente que foram escolhidos para serem usados para a compreensão e modelagem da distribuição da biodiversidade. Todos podem ser medidos em unidades de amostragem RAPELD com

installed in all plots, and this has been done in some RAPELD grids (Marlucia Martins, pers. comm.). **Because they sample the topography in proportion to its occurrence in the landscape, uniformly-distributed plots with climate stations can be used to model ecosystem effects.** Situating RAPELD modules around pre-existing installations, such as eddy-flux towers, can be of great benefit to biodiversity researchers, and researchers from the physical sciences who are interested in how their measurements relate to biodiversity or elements stored in biodiversity. Many government organizations are collecting meteorological or limnological data, and their sampling sites should be taken into account when selecting long-term research sites for biodiversity.

In this chapter, we have considered a number of physical-chemical aspects of

relativamente pouco custo extra. Algumas das análises mais caras, tais como as análises de solos, são econômicas no longo prazo, porque elas envolvem variáveis que mudam lentamente. Assim, as medições só devem ser repetidas em intervalos de décadas ou quando existir razões para acreditar que um impacto ambiental ocorreu. As medições proporcionam uma base de dados para avaliar as mudanças ambientais, independente dos seus efeitos sobre a biodiversidade. Dessa forma, elas poderão ser usadas pelos tomadores de decisão para os quais a biodiversidade tem pouca prioridade. Um investimento muito modesto no planejamento e coleta dos dados pode resultar em enormes ganhos que a abordagem do “estudar agora, planejar a integração mais tarde” (Lindenmayer & Likens 2010, Likens & Lindenmayer 2011) não pode oferecer. **A manutenção de sítios de pesquisas de longa duração é cara e as coletas de dados de campo também. Portanto, nós devemos maximizar a utilização dos resultados para um maior número de usuários se quisermos usar o dinheiro para a conservação sabiamente. ■**

the environment that are thought to be of use for understanding and modeling the distributions of biodiversity. All of them can be measured in RAPELD sampling units with comparatively little extra cost. Some of the more expensive analyses, such as those for soils, are economical in the long run because they involve variables that change slowly, so repeat measurements only have to be made at decadal intervals, or when there is reason to believe that an environmental impact has occurred (Clark *et al.* 2011). The measurements provide baseline data to evaluate environmental changes, independent of their effects on biodiversity. They will therefore be useful to decision makers for whom biodiversity has low priority. A very modest investment in planning and data collection can result in enormous gains that the “study now, plan for integration later” approach (Lindenmayer and Likens 2010, Likens and Lindenmayer 2011) will not give. **Maintaining long-term research sites is expensive, and collecting field data is expensive. Therefore, we must maximize the utility of results for a maximum of users if we are to use conservation money wisely. ■**

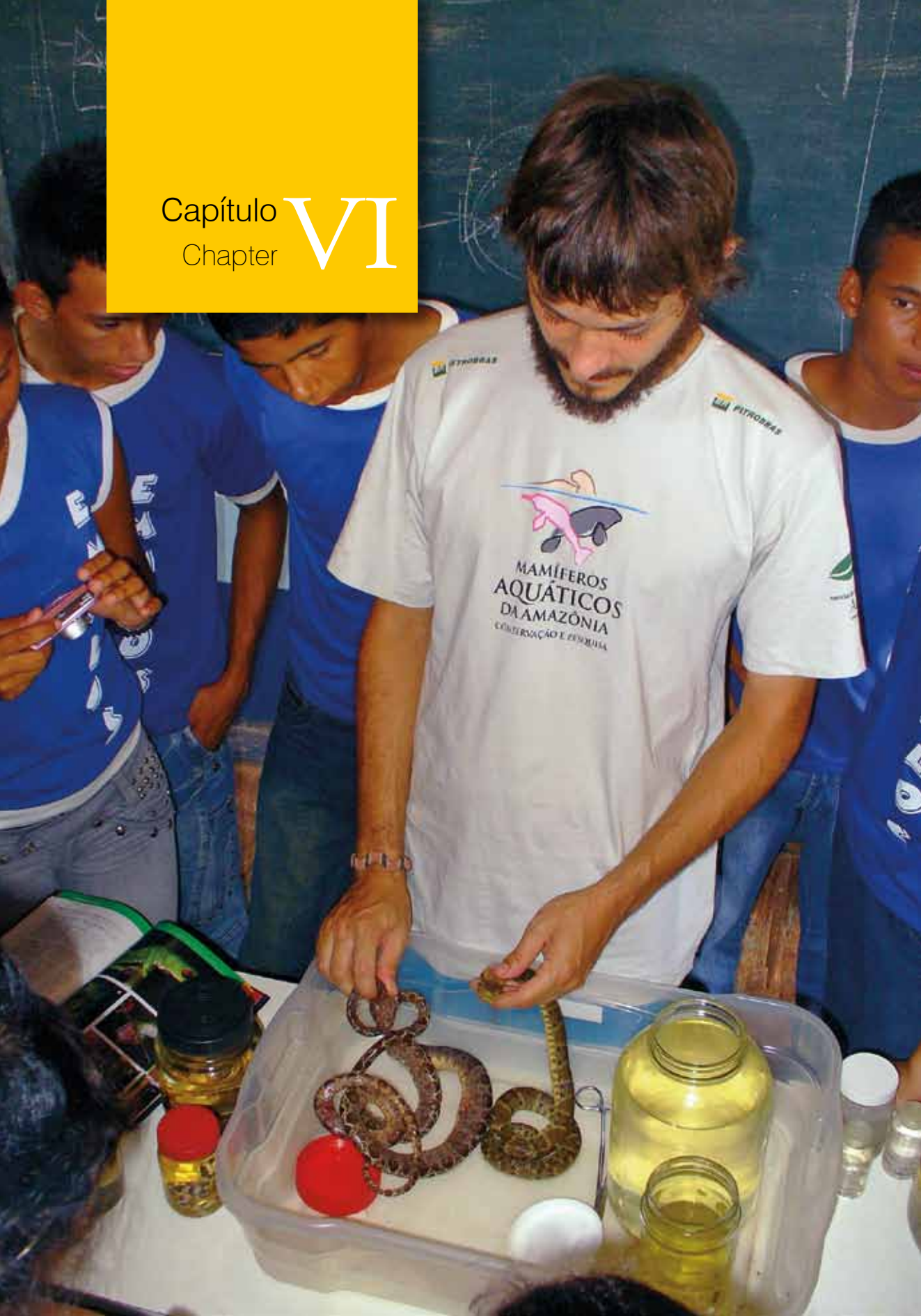


SAIBA MAIS READ MORE

- **PELD Amazônia**
<http://peld.inpa.gov.br/>
- **Manuais de amostragem**
<http://ppbio.inpa.gov.br/manuais>



Capítulo VI
Chapter VI





Incorporando Parceiros no RAPELD

Nos capítulos anteriores, discutimos algumas das razões que nos levaram a buscar um sistema padronizado de monitoramento da biodiversidade e ao desenvolvimento do sistema RAPELD como um complemento de outras iniciativas mais ou menos intensivas. No entanto, a maioria de nós é de instituições acadêmicas que não possuem os recursos ou a atribuição de manter uma enorme rede de sítios de pesquisa ambiental de longa duração. Na verdade, fomos incapazes de identificar uma única entidade que possua tais recursos. Há iniciativas, como o TEAM, que têm tentado seguir sozinhas, reduzindo lentamente o número de grupos sendo monitorados conforme os custos aumentam exponencialmente e novas prioridades aparecem. Monitoramentos bem sucedidos em um grande número de sítios, tais

Incorporating Stakeholders in RAPELD

In previous chapters, we have discussed some of the reasons that caused us to seek a system for standardized biodiversity monitoring and led to the development of the RAPELD system as a complement to other more intensive and extensive initiatives. However, most of us are from academic institutions that do not have the resources or the mandate to maintain an enormous network of long-term environmental research sites. In fact, we have been unable to identify any single entity that has such resources. We have watched initiatives, such as TEAM, that have tried to go it alone, slowly reducing the number of groups being monitored as costs spiral and other priorities appear. Successful monitoring in a large number of sites, such

como ABMI, RAINFOR e CTFS, geralmente envolvem um amplo consórcio de partes interessadas (veja também Price & Billick 2010). No entanto, até agora, os programas de sucesso têm focado em um número limitado de alvos ou têm se preocupado com o monitoramento em uma área restrita, e isso limita o número de parceiros que são atraídos para o consórcio.

Alter do Chão nos oferece algumas lições. Em sua tese de doutorado, Ana Carolina Surgik estudou os efeitos das políticas governamentais e da educação ambiental sobre o desmatamento ao redor de riachos (Surgik 2006). Segundo ela, o desmatamento foi uma das principais causas de poluição nos locais

as ABMI, RAINFOR and CTFS, generally involve a loose consortium of interested parties (see also Price and Billick 2010). However, to date, the successful programs have focused on a limited number of targets, or have been preoccupied with mandated monitoring over a restricted area, and this limits the number of partners that is attracted to the consortium.

Alter do Chão provided lessons for us. Ana Carolina Surgik studied the effects of government policies and environmental education on deforestation around streams for her doctoral thesis (Surgik 2006). She found that deforestation was a major source of pollution for the sites used for tourism, which was the major generator of financial resources for the region. There was considerable



● O Sapo-untanha, *Ceratophrys cornuta*, vocalizando. A vocalização de anuros pode ser usada para identificar as espécies. Na Amazônia, pesquisadores disponibilizaram um acervo online chamado Sapoteca (Lima et al. 2012, <http://ppbio.inpa.gov.br/sapoteca/nomedasespecies>).

● The frog *Ceratophrys cornuta* calling. The vocalization of frogs can be used to identify species. In the Amazon, researchers made available online calls from several species (Lima et al. 2012, <http://ppbio.inpa.gov.br/en/sapoteca/nameofspecies>).

utilizados para o turismo, que era a maior fonte de recursos financeiros para a região. Havia um apoio considerável para ações de conservação tanto por parte dos moradores da área, dependentes do turismo para a sua subsistência, quanto das comunidades locais, dependentes dos riachos para captação de água. No entanto, as autoridades locais entenderam o estudo apenas como uma ameaça para a economia porque poderia alertar os turistas para o fato de que eles estavam nadando em água poluída. A pesquisa não foi devidamente inserida no processo democrático de tomada de decisão e nada foi feito para remover a ameaça das áreas de turismo, apesar de existir uma legislação federal a favor. Apesar de a população local ter solicitado o estudo, e ter sido envolvida nele, a região não teve a capacidade de inserir a ciência no processo político. Curtin (2010) dá outros exemplos de sucesso e fracasso na inserção da ciência na tomada de decisões. A Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) foi criada recentemente e o PPBio instalou um Núcleo Regional em Santarém, próximo a Alter do Chão, portanto nós esperamos que a situação possa mudar no futuro.

Um sistema de monitoramento não pode funcionar isoladamente. Gardner (2010) expressa isso claramente na seguinte passagem: “A conservação da biodiversidade, seja de florestas ou ecossistemas, é fundamentalmente um problema social guiado pela ciência, e não (como muitas vezes é percebido pelos cientistas) um problema científico influenciado pela sociedade”. A experiência nos mostra que os tomadores



- *Comunidades locais tendem a depender de recursos locais para viver, seja direta ou indiretamente, mas para o conhecimento ser inserido no processo de tomada de decisão é preciso ir além da geração das informações.*
- *Local communities tend to rely on local resources for living, either directly or indirectly, but insertion of their knowledge into the process of decision-making requires more than simple data collection.*

support for conservation action from the village dwellers, dependent on tourism for their livelihoods, and from local communities, dependent on the streams for water. However, the local authorities simply saw the study as a threat to the economy because it could alert the tourists to the fact that they were swimming in polluted water. The research was not properly inserted into the democratic decision-making process, and nothing has been done to remove the threat to the tourist areas, even though there is Federal legislation available. Although local people requested the study, and were involved in it, the region did not have the capacity to insert the science into the political process. Curtin (2010) gives other examples of successful and unsuccessful insertion of science into policy making. The Federal University of Western Pará (UFOPA) has recently been created, and the PPBio has installed a Regional Hub in Santarém, close to Alter do Chão, so hopefully that situation might change in the future.



- *Aranha da família Pholcidae carregando ovos. As aranhas dessa família lembram opiliões, pois possuem pernas compridas e são muito frágeis, mas diferem destes por produzirem teia.*
- *Cellar spider (Pholcidae) carrying its eggs. The spiders of this family resemble harvestmen because they have long legs and are very fragile, but, unlike harvestmen, they produce webs.*

de decisão em um sistema político democrático precisam levar em conta as necessidades das diversas partes interessadas operando em diversas escalas espaciais e temporais. A coleta de organismos não faz sentido se não há especialistas para identificá-los ou coleções onde possam ser depositados para referência futura. Muitas vezes, a compreensão do sistema requer laboratórios de genética ou informações provenientes de estudos das ciências sociais e físicas. Portanto, para ser bem sucedido, o monitoramento deve ser inserido em uma estrutura de trabalho maior para a compreensão da biodiversidade. No Brasil, essa rede nacional é o Programa de Pesquisa para a Biodiversidade (PPBio). Entretanto, alguns dos estados

A monitoring system cannot function in isolation. Gardner (2010) expressed this clearly in the following passage “Biodiversity conservation, whether of forests or ecosystems, is ultimately a societal problem that is guided by science, and not (as is often perceived by scientists) a scientific problem that is influenced by society.” We have seen that decision makers in a democratic political system need to take into account the needs of many different stakeholders operating at many different spatial and temporal scales. Collecting organisms does not make sense if there are no specialists to identify them or collections where they can be deposited for future reference. Often, understanding the system requires genetics labs or information coming from studies of the social and physical sciences. Therefore, to be successful,

mais ricos do país têm seus próprios programas, como o Biota FAPESP em São Paulo. A integração deverá se dar através de redes informatizadas, as quais discutiremos no próximo capítulo.

É importante ressaltar que o RAPELD é uma ferramenta. Embora possa ser utilizado para integrar aspectos da pesquisa em múltiplas escalas e possa ser usado para diferentes estudos localmente, ele deve ser integrado em uma rede social maior para ser eficaz, e irá falhar sem o apoio da população local (Vanclay *et al.* 2006). Na verdade, em muitos sistemas, as pessoas podem ser necessárias para manter a biodiversidade (Bugalho *et al.* 2011). O sucesso da pesquisa em comunidades locais geralmente depende mais da presença de uma ou mais pessoas altamente motivadas que vivem na área do que de ajuda externa. O apoio em excesso pode até ter um efeito negativo sobre o empoderamento local (Feinsinger *et al.* 2010). Nós enfatizamos que a infraestrutura de campo estimula a pesquisa, mas somente quando a população local quer. Muitas vezes, a melhor estratégia, uma vez instalado o sistema, é o governo sair e deixar que a população local dê continuidade (Feinsinger *et al.* 2010).

Exceto para alguns casos de monitoramento obrigatório em áreas remotas sem a presença de uma população local, tentamos não instalar infraestrutura RAPELD onde não haja um núcleo PPBio local para apoiá-lo. Em alguns casos, a população local quer a infraestrutura RAPELD para ajudá-los a desenvolver habilidades que lhes permitam interagir efetivamente com a sociedade nacional.

monitoring has to be inserted within a larger framework for understanding biodiversity. Within Brazil, that framework nationally is called the Program for Biodiversity Research (PPBio). However, some of the richer states within Brazil have their own programs, such as the Biota FAPESP in São Paulo. Integration has to be through computer networks, which we will discuss in the next chapter.

It is important to emphasize that RAPELD is a tool. Even though it can be used to integrate aspects of research across multiple scales, and can be



- *A infraestrutura de campo estimula a pesquisa, mas o interesse de pessoas locais pelas pesquisas em biodiversidade é um ingrediente essencial para o sucesso de iniciativas longe de centros urbanos.*
- *Field infrastructure stimulates research, but the interest of local people for biodiversity research is an essential ingredient to the success of initiatives distant from cities.*



- *Ischnosiphon* sp. O gênero *Ischnosiphon* contém cerca de 35 espécies de ervas terrestres, distribuídas pelos Neotrópicos. Em geral são pequenas, mas algumas espécies podem chegar a 10 m de altura.
- *Ischnosiphon* sp. The genus *Ischnosiphon* contains about 35 species of terrestrial herbs, distributed in the Neotropics. They are usually small, but some species can reach 10 m in height.

No entanto, na maioria dos casos onde as comunidades locais identificaram questões de pesquisa sozinhas, a infraestrutura RAPELD não seria necessária, e impô-la seria desastroso. Se as comunidades locais veem o valor de integrar seus esforços em um programa mais amplo, elas pedirão apoio para tal. Isso ocorreu com a comunidade indígena Baniwa em São Gabriel da Cachoeira, que convidou o PPBio para instalar um módulo RAPELD em suas terras. Essas questões devem ser levadas em conta quando se considera o amplo leque de parceiros envolvidos no RAPELD, as motivações dos diferentes atores e o apoio que podem precisar de programas maiores. Neste capítulo, vamos considerar **grupos sociais com diferentes tipos de relação com a terra e analisar como cada um pode contribuir para o mo-**

used for different studies locally, it must be integrated into a larger social network to be effective, and it will fail without the support of local people (Vanclay *et al.* 2006). In fact, in many systems, people may be necessary to maintain biodiversity (Bugalho *et al.* 2011). Success of research in local communities generally depends more on the presence of one or a few highly-motivated persons who live in the area than on outside help. Too much support can have a negative effect on local empowerment (Feinsinger *et al.* 2010). We have emphasized that field infrastructure stimulates research, but only when the local people want it, and very often the best strategy once it is installed is for government to move out and let the local people get on with it (Feinsinger *et al.* 2010).

Except for a few cases of mandated monitoring in remote areas without local people, we do not try to install RAPELD infrastructure where there is no local PPBio hub to support it. In some cases, local people want RAPELD infrastructure to help develop skills to allow them to interact effectively with the national society. However, in most cases where local communities have identified research questions themselves, RAPELD infrastructure will not be necessary, and imposing it would be disastrous. If local communities see the value of integrating their efforts into a broader program, they will ask for support to do so. This occurred with the Baniwa indigenous community in São Gabriel da Cachoeira, which invited the PPBio to install a RAPELD module on their land. These considerations must be taken into account as we consider the wide range of partners involved in RAPELD, the motivations of the different actors, and the support that they may need from larger programs. In this chapter we will consider **groups within**

monitoramento da biodiversidade, tanto de forma direta quanto através do entendimento da sua importância e da pressão sobre políticos na tomada de decisões efetivas.

Sítios de Pesquisa Ecológica de Longa Duração

Muitos países possuem sistemas de sítios de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD), os quais são integrados através de uma descentralizada rede Internacional de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (ILTER, em inglês). O Brasil tem financiado sítios PELD desde 1998. Entre os objetivos principais do PELD brasileiro estavam a comparação entre sítios de diferentes biomas e a produção de dados que pudessem ser usados para documentar as mudanças ambientais. Todos os sítios tinham o monitoramento da biodiversidade como um de seus objetivos. Algumas reuniões foram realizadas para discutir a padronização, mas, apesar da padronização de algumas técnicas e equipamentos de medição em alguns sítios, nenhum estudo comparativo foi realizado. Apenas três sítios usaram técnicas espacialmente padronizadas, todos utilizando a metodologia RAPELD. Após mais de uma década, os únicos locais que produziram dados comparáveis sobre biodiversidade ou qualquer outro aspecto de monitoramento ambiental, foram esses três locais, um na Amazônia e dois no Pantanal. O financiamento para sítios PELD foi limitado e geralmente concentrado próximo aos centros de maior população no

society that have varying degrees of attachment to the land and consider how each can contribute to biodiversity monitoring, either directly, or by understanding its importance and pressuring politicians to support it effectively.

Long-term Ecological Research Sites

Many countries have systems of long-term ecological research (LTER) sites, and these are integrated through a loose network known as international long-term ecological research (ILTER). Brazil has been financing LTER (PELD in Portuguese) sites since 1998. Among the major objectives of the Brazilian LTER were comparisons of sites in different biomes and producing data that could be used to document environmental changes.



- A sede da Reserva Ducke em abril de 2005, ainda de madeira. A Ducke foi eleita como o primeiro sítio PELD na Amazônia e desde o final da década de 90 vem recebendo investimentos em infraestrutura de pesquisa.
- The headquarters of Reserva Ducke in April 2005, still built of wood. The reserva was chosen as the first LTER site in the Amazon and since the late 90's has received investments in research infrastructure.

sul e sudeste do país. Apenas um sítio foi financiado na Amazônia brasileira, uma área maior que a Europa Oriental, na primeira rodada de financiamento, e apenas três na segunda. No entanto, a essa altura, **diversos outros sítios RAPELD foram instalados independentemente em todo o país, resultando em um número de sítios PELD muito maior que o oficialmente financiado.** Portanto, o RAPELD é utilizado por pesquisadores em sítios PELD oficiais e não oficiais para garantir comparabilidade e integração para os seus estudos.

Instituições acadêmicas e governamentais em todo o mundo mantêm estações de campo de pesquisa de longa duração, embora muitas não sejam reconhecidas oficialmente dentro da rede ILTER. Esses sítios fornecem a base para avaliar as mudanças que ocorrem em outras regiões (Waller & Flader 2010). Entre os sítios bem conhecidos, destacam-se a Floresta Experimental Hubbard Brook (Likens 2010) e a Ilha de Barro Colorado (Hubbell 2010). Sítios de pesquisa de longa duração são responsáveis por grande parte do nosso conhecimento sobre os processos ecológicos (Clutton-Brock & Sheldon 2010, Billick & Price 2010a) e investimentos em infraestrutura de campo podem gerar grandes dividendos em relação à produtividade acadêmica. **Muitos estudos clássicos foram realizados na Reserva Ducke,** mas antes da instalação da infraestrutura RAPELD em 2000, esta era relativamente pouco conhecida. Em 2008, era um dos sítios mais produtivos da América do Sul em

All sites had monitoring biodiversity as one of the goals. A few meetings were held to discuss standardization, but, except for standardization of a few measurement techniques and equipment in a couple of sites, no comparable studies were undertaken. Only three sites used spatially standardized techniques, and they all used RAPELD methodology. After more than a decade, the only sites that had produced comparable data on biodiversity, or any other aspect of environmental monitoring, were those three sites, one in Amazonia, and two in the Pantanal. Funding for PELD sites was limited, and usually concentrated near the largest population centers in the south and south-east of the country. Only one site was funded in Brazilian Amazon, an area larger than Eastern Europe, in the first round of funding, and only three in the second. However, by that time, **many RAPELD sites had been installed independently by many stakeholders throughout the country, so Brazil effectively has many more LTER sites than were officially financed.** Therefore, RAPELD is used by researchers in official and unofficial LTER sites to add an aspect of comparability and integration to their diverse studies.

Academic and government institutions throughout the world maintain long-term field research stations, though many of these are not officially recognized within the ILTER network. Such sites provide the baseline to evaluate changes occurring in other regions (Waller and Flader 2010). Well-known sites include the Hubbard Brook Experimental Forest (Likens 2010) and the Barro Colorado Island (Hubbell 2010). Long-term research sites are responsible for much of our knowledge about ecological

termos de publicação na literatura ecológica (Pitman *et al.* 2011a).

Instituições Acadêmicas

A possibilidade de acumular conhecimento e integrar diferentes aspectos da biodiversidade com variáveis físico-químicas aumenta muito o valor de um sítio para estudos ecológicos e as chances de que esses estudos sejam considerados valiosos pelos revisores de periódicos conceituados. A instalação de infraestrutura de campo RAPELD tem sido incluída em programas de pós-graduação no Brasil especificamente para aumentar a produtividade acadêmica dos estudantes e professores. O primeiro deles foi o Programa de Pós Graduação de Ecologia da Universidade Federal de Mato Grosso.

processes (Clutton-Brock and Sheldon 2010, Billick and Price 2010a), and investment in field infrastructure can pay large dividends in relation to academic productivity. **Many classical studies have been carried out in Reserva Ducke**, but before the installation of the RAPELD infrastructure in 2000 it was comparatively little known. By 2008, it was one of the most productive sites in South America in terms of publication in the ecological literature (Pitman *et al.* 2011a).

Academic Institutions

The possibility of accumulating knowledge and integrating different aspects of biodiversity with physical-chemical variables greatly increases the value of a site for ecological studies, and increases the chances that those studies will be considered valuable by



- *Participantes da Primeira Semana da Biodiversidade do Médio Solimões em Coari, Amazonas.*
- *Encontros e cursos de campo são ferramentas de capacitação, possuindo um efeito multiplicador importante em áreas carentes de pessoal qualificado.*
- *Participants of the First Biodiversity Week of the Middle Solimões River, Coari (State of Amazonas).*
- *Meetings and field courses are tools of empowerment, having a multiplier effect important in areas with few qualified staff.*

Quando o projeto começou em 2003, o programa produzia cerca de cinco publicações por ano em revistas de impacto e o objetivo era ao menos dobrar esse número até o final de 2006. Professores integrantes do programa instalaram uma grade RAPELD em um sítio no Pantanal em 2004. A meta de publicação foi mais do que alcançada. Desde 2007, o programa tem uma média de 53 publicações por ano. Cursos de campo para o programa foram realizados no sítio RAPELD, mas, obviamente, nem todas as publicações foram geradas nele e muitas outras questões, tais como capacitação em projetos de pesquisa, análises estatísticas e cooperação entre pesquisadores, fizeram parte do projeto. No entanto, **a existência de pelo menos um sítio**

reviewers of top-rating journals. Installation of RAPELD field infrastructure has been part of programs specifically designed to increase the academic productivity of students and staff in Brazilian post-graduate programs. The first of these was the Ecology Program of the Federal University of Mato Grosso. When the project started in 2003, the program was producing about five publications in top-rating journals per year and the objective was to at least double that by the end of 2006. Teachers in that program installed a RAPELD grid in a Pantanal site in 2004. The publication objective was more than attained. Since 2007, the program has averaged 53 publications per year. Field courses for the program were undertaken in the RAPELD site, but obviously, not all the publications were generated there, and many other issues,



- *A curiosidade, o vigor físico e a juventude contribuem muito para a disposição dos estudantes em realizar atividades de monitoramento e de percorrer grandes distâncias em busca dos organismos e da investigação de processos ecológicos.*
- *Curiosity, physical vigor and youth contribute much to students willingness to undertake monitoring activities and travel long distances in search of organisms and investigating ecological processes.*

de campo onde os conceitos pudessem ser mostrados na prática foi um componente importante da capacitação acadêmica.

Estudantes de escolas técnicas e universidades são um componente importante de qualquer programa e geralmente são a espinha dorsal de estudos ecológicos de longa duração (Armitage 2010). Os salários dos pesquisadores são a maior despesa de qualquer programa de monitoramento da biodiversidade e nenhum esquema de monitoramento tenta pagar os salários para todos os envolvidos. A maioria dos pesquisadores tem outras responsabilidades, como administração ou ensino, e podem dedicar pouco tempo para atividades de monitoramento, como trabalho de campo e triagem de amostras. Estudantes são geralmente pessoas altamente motivadas e em sua maioria jovens, possuindo a resistência física necessária para o trabalho de campo em áreas remotas. Agências de fomento e universidades frequentemente oferecem bolsas de estudo e cobertura de seguro para os alunos.

Muitos programas de pós-graduação estão perdendo seus focos conforme a pesquisa se torna cada vez mais fragmentada (Taylor 2011). O envolvimento de estudantes em programas multidisciplinares com relação direta com agências de manejo em diferentes escalas espaciais e sociais (ver abaixo) é um caminho para tornar esses programas mais relevantes para os alunos e para os seus futuros empregadores. Apesar de importante, é improvável que os estudantes queiram trabalhar dentro do programa apenas porque se torna-

such as capacity building in research design, statistical analyses, and cooperation among researchers, were part of the project. However, **the existence of at least one field site where those concepts could be shown in practice was an important component of academic capacity building.**

Students from technical colleges and universities are an important component of any program, and are usually the backbone of long-term ecological studies (Armitage 2010). The salaries of researchers are the largest component of any program for biodiversity monitoring, and no one organizing biodiversity monitoring tries to pay salaries of all those involved. Most of the researchers have other responsibilities, such as administration or teaching, and can spend relatively little time in activities dedicated to monitoring, such as field work and sorting specimens. Students are usually highly motivated persons, and most are young and have the physical stamina necessary for field work in remote areas. Funding agencies and universities often provide scholarships and insurance coverage for students.

Many Ph.D. programs are losing their foci as research becomes more and more fragmented (Taylor 2011). The involvement of students in multidisciplinary programs with strong links to management agencies on a variety of spatial and social scales (see below) is one way to make those programs more relevant to the students, and to their future employers. Although important, students are unlikely to want to work within the program just because they will become more competent researchers in integrated programs. They still have to meet academic requirements in terms of publications. Scientific research has become

rão pesquisadores mais competentes em programas integrados. Eles ainda têm de cumprir requisitos acadêmicos em termos de publicações. A pesquisa científica se tornou tão detalhada e especializada que é pouco provável que serão capazes de coletar dados sobre todos os aspectos relativos às suas perguntas. Porém, **ao trabalharem em um grupo interdisciplinar, com um desenho experimental integrado em pelo menos algumas escalas, eles serão capazes de combinar os seus dados** (ver Capítulo 7) e produzir artigos para revistas de impacto que tratam de temas de interesse para os gestores, bem como artigos para a literatura especializada. Eles foram atraídos pelos dados já disponíveis, mas disponibilizando seus próprios dados, é provável que sejam incluídos como coautores em novos estudos e sínteses, mesmo muito tempo depois de seguirem a profissão e tornarem-se pesquisadores profissionais ou administradores. Uma revisão dos trabalhos disponíveis no site do PPBio indica que a maioria dos artigos em periódicos de alto nível tinha um aluno como primeiro autor.

Os alunos também trazem renovação aos sítios de pesquisa que se tornaram presos em linhas de montagem. Como afirmado por Aigner e Koehler (2010), “o papel das estações de campo no apoio ao trabalho exploratório é fundamental, tradicional, e não deve ser sacrificado para a abordagem do ecossistema modelo. Na verdade, nenhum estudante de graduação seria recusado em McLoughlin por ter uma questão de investigação insuficientemente desenvolvida, e

so detailed and specialized that it is extremely unlikely that they will be able to collect data on all aspects relative to their questions. However, **by working in an interdisciplinary group, with an experimental design that is integrated on at least some scales, they will be able to combine their data** (see Chapter 7) and produce papers for top-rating journals that treat topics of interest to managers, as well as the specific papers in the specialist literature. They were attracted by the data already available, but by making their own data available they are also likely to be included as co-authors on new



- *Heliconia sp. no Parque Nacional da Amazônia.*
Diversos estudos envolvendo plantas utilizam dados em comum, como características do solo, altitude e inclinação do terreno, de modo que a integração de dados de diferentes pesquisadores amplia a capacidade individual de cada um.
- *Heliconia sp. in the Amazônia National Park.* Several studies involving plants use data in common, such as soil characteristics, altitude and terrain slope, such that the integration of data from different researchers extends the capability of each individual.

a pesquisa na reserva não é de forma alguma inteiramente focada no ecossistema do mosaico serpentino”. Núcleos regionais de pesquisa devem incluir instituições de ensino, sejam elas colégios, escolas técnicas ou universidades.

Agências Governamentais – Escala local

Muitas agências governamentais são obrigadas a realizar o monitoramento da biodiversidade, mas a exigência é tão genérica que elas ficam perdidas sobre o que fazer, especialmente porque o grande número de estudos fortemente direcionados realizados em nome do monitoramento ambiental tem contribuído muito pouco para a efetiva tomada de decisão. Alguns desses estudos tiveram objetivos mais amplos, mas a grande maioria foi constituída por estudos muito específicos que não podem ser integrados de um modo útil na tomada de decisão nas escalas de interesse dos políticos e do público em geral. No capítulo anterior, discutimos com algum detalhe os grupos taxonômicos que poderiam satisfazer as exigências do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) em relação ao monitoramento obrigatório da biodiversidade em escalas de tempo de curto e médio prazo. No entanto, a maioria das agências tem responsabilidades ainda mais amplas e, consequentemente, muitos outros objetivos a serem alcançados simultaneamente (Gardner 2010). Segundo Caro (2010), é sempre importante monitorar mais de um grupo de espécies, a fim de avaliar corretamente os efeitos da alteração

studies and syntheses long after they move on and become professional researchers or administrators. A review of papers available in the PPBio web site indicates that most of the papers in high ranking journals had a student as first author.

Students also bring renovation to research sites that have become stuck into assembly lines. As stated by Aigner and Koehler (2010), “The role of field stations in supporting such exploratory work is paramount, traditional, and should not be sacrificed for the model ecosystem approach. Indeed, no incoming graduate student would be turned away from McLaughlin for having an insufficiently developed research question, and research at the reserve is by no means entirely focused on the serpentine mosaic ecosystem.” Regional research hubs should include teaching institutions, whether they are schools, technical colleges or universities.

Government Agencies – Local scale

Many government agencies are required to undertake monitoring of biodiversity, but that requirement is so general that they are at a loss about what to do, especially because the huge number of strongly directed studies that have been undertaken in the name of environmental monitoring has contributed very little to effective decision making. Some of those studies had wider goals, but the vast majority was constituted by highly specific studies that could not be integrated into useful decision making at the scales of interest to politicians and the general public. In the last chapter, we discussed in some detail the taxonomic groups that might be able to meet the requirements of the Brazilian



- *A Preguiça-real ou Unaú, Choloepus hoffmani, se alimenta de folhas e frutos de árvores. Hábitos noturnos e solitários a tornam difícil de encontrar, mas é uma boa indicadora de florestas maduras na Amazônia.*
- *The Two-toed Sloth, Choloepus hoffmani, feeds on trees fruits and leaves. Both solitary and nocturnal habits make it difficult to find, but it's a good indicator of mature forests in the Amazon.*

antrópica do habitat.

O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) é o responsável pelas unidades de conservação (UC) federais no Brasil e, portanto, por grande parte das florestas na Amazônia, incluindo as gerenciadas pelo SFB. Assim, é importante que o monitoramento pelo SFB seja planejado considerando os interesses mais amplos do ICMBio. Isto é, uma organização primeiramente preocupada com a exploração da floresta deve trabalhar em harmonia com uma

Forestry Service (SFB) in relation to mandated biodiversity monitoring in short to medium time scales. However, most government agencies have even wider responsibilities and, consequently, many more objectives to be met simultaneously (Gardner 2010), and Caro (2010) considered that it is always important to monitor more than one species-group in order to judge the effects of anthropogenic habitat alteration.

The Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) is responsible for federal conservation units in Brazil and, as a result, is responsible for a great part of the forests in the Amazon, including those managed by the SFB. Therefore, it is important that monitoring by the SFB be planned in relation to the larger interests of the ICMBio. That is, an organization that is primarily concerned with exploitation of the forest has to work in harmony with an organization whose primary concern is conservation of the forest. Managers of national parks have fewer objectives, but they still cover a wide range of spatial and temporal scales. **Many of the first RAPELD**

sites were installed in national parks and other conservation units that do not permit direct exploitation of resources, so we have interacted closely with park managers. They required that studies in their parks contribute to the following objectives:

- (1) Provide data that would subsidize decisions on park-use zoning.
- (2) Provide data that could be used to monitor trends in biodiversity within the park.
- (3) Increase scientific presence in the park and the number of researchers with an interest in the area who could be called upon for specific commissions.

organização cuja principal preocupação é a conservação da floresta. Gestores de parques nacionais têm objetivos um tanto mais simples, mas que ainda cobrem uma ampla gama de escalas espaciais e temporais. **Muitos dos primeiros sítios RAPELD foram instalados em parques nacionais e outras unidades de conservação que não permitem a exploração direta de recursos**, por isso, temos interagido estreitamente com os gestores dessas UCs. Eles exigiram que os estudos nas UCs contribuíssem para os seguintes objetivos:

(1) Fornecer dados que subsidiassem as decisões sobre zoneamento de uso da UC.

(2) Fornecer dados que pudessem ser usados para monitorar as tendências da biodiversidade na UC.

(3) Aumentar a presença científica na UC e o número de pesquisadores com interesse na área que pudessem integrar comissões específicas.

(4) Envolver a população local, de modo que ela tivesse um retorno econômico e começasse a entender as questões mais amplas envolvidas na conservação da área.

(5) Fornecer dados sobre a singularidade (complementaridade) do parque que pudessem ser usados em negociações para consolidar ou ampliar as fronteiras da UC.

(6) Fornecer dados sobre uso ilegal de recursos e seus impactos sobre a biodiversidade, os quais pudessem subsidiar ações de proteção e manejo.

As UCs envolvidas possuíam muitos estudos intensivos promovidos por pes-

(4) Involve local people so that they would have economic returns and begin to understand the larger issues involved in conservation of the area.

(5) Provide data on the uniqueness (complementarity) of the park that could be used in negotiations to consolidate or expand park borders.

(6) Provide data on illegal uses of resources and its impacts on biodiversity, which could subsidize management actions.

The parks involved all had many intensive studies promoted by individual researchers who justified the logistical support provided by park staff on the basis that their studies would contribute to one or more of the goals listed above. However, park managers were extremely wary because they had had very little return from those studies. In most cases, they did not even have summaries of the results, and the great majority of studies had



● *O cogumelo Leucocoprinus fragilissimus na Reserva Ducke. Em geral as espécies de Leucocoprinus são encontradas no solo de florestas tropicais decompondo matéria orgânica de origem vegetal.*

● *The toadstool Leucocoprinus fragilissimus in Reserva Ducke. In general, Leucocoprinus species are found on the soil of tropical forests decomposing plant organic matter.*

quisadores individuais que justificaram o uso do apoio logístico fornecido pela equipe da UC com a garantia de que os estudos contribuiriam para um ou mais dos objetivos listados acima. No entanto, os administradores das UCs ficaram extremamente cautelosos, pois tiveram muito pouco retorno desses estudos. Em muitos casos, eles sequer tinham os resumos dos resultados e a maioria dos estudos não resultou em publicações na literatura científica que pudessem ser usados para recuperar informações sobre a biodiversidade do parque. A longa história de pesquisadores promovendo a “gestão adaptativa”, mas sem fornecer qualquer resultado prático (Gardner 2010), significava que tínhamos que ser muito cuidadosos em explicar tanto os potenciais benefícios quanto as limitações da instalação de infraestrutura de campo.

A infraestrutura RAPELD geralmente consiste de grandes grades ou módulos menores, e sua utilidade varia de acordo com os objetivos específicos e apoio auxiliar disponível, especialmente de transporte. A maioria dos administradores de parques optou por instalar uma grade grande (geralmente 25 km²), por isso, vamos primeiramente discutir como essas grades contribuíram para os seis objetivos listados acima.

(1) O zoneamento de uso em UCs requer informações obtidas em toda a reserva e 25 km² (2.500 ha) é uma área muito pequena em relação às unidades de conservação na Amazônia, a maioria das quais é maior que 200.000 ha com algumas abrangendo mais de 1.000.000 ha. Levantamentos locais podem con-

not resulted in publications in the scientific literature that could be used to glean hints about biodiversity in the park. The long history of researchers promoting “adaptive management”, but not providing any practical results (Gardner 2010), meant that we had to be very careful about explaining both the potential benefits and limitations of the installation of field infrastructure.

RAPELD infrastructure generally consists of large grids or smaller modules, and the utility of these designs differs depending on the specific objectives and the auxiliary support, especially transportation, available.



- *Coatá ou Macaco-aranha, Ateles paniscus, na Amazônia, um dos maiores primatas das Américas. Arborícola e diurno, ocorre na copa das árvores maiores, usando sua cauda prênscil para se deslocar e manter o equilíbrio. Os machos vocalizam tão alto que o chamado pode ser ouvido a cerca de 500 metros, tornando a espécie susceptível à caça.*
- *Coatá or Spider monkey, Ateles paniscus, in the Amazon, one of the largest primates in the Americas. Arboreal and diurnal, they occur in the canopy of larger trees, using their prehensile tails to move and maintain balance. Males vocalization are so loud that the call can be heard for 500 meters, making the species susceptible to hunting.*

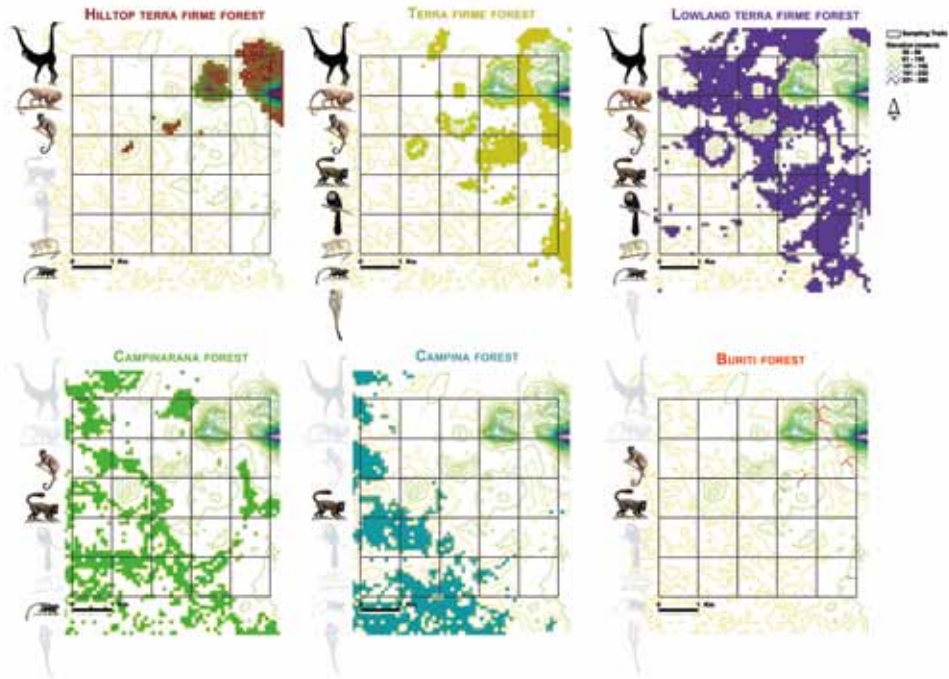
tribuir muito pouco para o zoneamento de áreas tão grandes e a maioria das decisões é feita com base em imagens de satélite e dados sobre uso do solo ou ocupação humana. **As grades foram usadas principalmente para calibrar as imagens de satélite e avaliar seu uso como substitutos para as espécies que não podem ser detectadas do espaço.** Por exemplo, Mendes Pontes *et al.* (2012) usaram informações sobre primatas em diferentes associações de vegetação, que puderam ser distinguidas em imagens Landsat para avaliar o potencial do Parque Nacional do Viruá para a conservação de primatas. No entanto, a definição dos mapeamentos que serviram de base para o zoneamento do Viruá exigiram a amostragem em diferentes áreas da UC, nos mais variados ambientes e fitofisionomias, grande parte fora da grade. Dessa forma, embora grandes grades de pesquisa em uma área limitada possam ser usadas para avaliar as decisões de zoneamento do manejo, não fornecem dados significativos para o processo inicial de zoneamento.

(2) O monitoramento de tendências em populações individuais muitas vezes requer estudos intensivos em áreas limitadas (Billick & Price 2010a, Clutton-Brock & Sheldon 2010). Para ser útil na avaliação de alterações em toda a área de interesse, tais estudos requerem que a área seja representativa do parque e isso raramente é o caso ou, pelo menos, raramente se sabe se esta suposição é justificável. A ausência de teste de tais pressupostos é típica de estudos ecológicos (Krebs 2010). No entanto, estudos

Most of the park managers opted to install a large grid (usually 25 km²), so we will first discuss how these contributed to the six objectives listed above.

(1) Park-use zoning requires information obtained over the whole reserve, and 25 km² (2,500 ha) is a very small area in relation to most Amazonian conservation units, most of which are larger than 200,000 ha, and some of which cover more than 1,000,000 ha. On-site surveys can contribute very little to zoning such large areas, and most decisions are made based on satellite images and data on human occupation or use. **Grids were used mainly for calibrating the satellite images to evaluate their use as surrogates for species that cannot be detected from space.** For instance, Mendes Pontes *et al.* (2012) used information on primates in different vegetation associations that could be distinguished on Landsat images to evaluate the potential of the Viruá National Park for primate conservation. However, the definition of maps that would serve as the basis to the zoning of Viruá demanded the sampling on different park zones, in most diverse environments and phytophysiognomies, most of which were not included in the grid. Therefore, although large grids in a limited area can be used to provide data to evaluate zoning decisions, they do not provide data of value for the initial zoning process.

(2) Monitoring trends in individual populations often requires intensive studies in limited areas (Billick and Price 2010a, Clutton-Brock and Sheldon 2010). To be useful for evaluating changes over the whole area of interest, such studies require that the area be representative of park, and this is rarely the case, or, at least, it is rarely known if this assumption is justifiable.



IMAGE/IMAGE: MARCELO LUNA

- *Distribuição potencial de 8 espécies de primatas de acordo com tipo de vegetação na grade RAPELD de 25 km² no Parque Nacional do Viruá. As espécies encontradas, Ateles paniscus, Alouatta seniculus, Cebus apella, Chiropotes satanas, Pithecia pithecia, Saimiri sciureus, Saguinus midas e Aotus trivirgatus, praticamente só ocorrem em florestas não alagadas e não estão distribuídas da mesma forma entre os tipos de vegetação.*
- *Potential distribution of 8 primate species according to vegetation type in the 25 km² RAPELD grid in Viruá National Park. The species registered, Ateles paniscus, Alouatta seniculus, Cebus apella, Chiropotes satanas, Pithecia pithecia, Saimiri sciureus, Saguinus midas and Aotus trivirgatus, almost only occur in non-flooded forests and are not distributed similarly among vegetation types.*

intensivos são úteis para avaliar o grau de flutuações temporais e a intensidade de amostragem necessária para se ter uma chance razoável de detectar uma mudança na densidade populacional. **Estudos intensivos fornecem dados sobre uso do habitat e história natural, essenciais para um planejamento mais eficiente de estudos em escalas mais amplas**, e a simples avaliação da relação entre intensidade de amostragem e detectabilidade pode indicar se estudos mais extensivos da espécie são

The lack of testing of such assumptions is typical of ecological studies (Krebs 2010). However, intensive studies are useful to evaluate the degree of temporal fluctuations and the sampling intensity necessary to have a reasonable chance of detecting a change in population density. **Intensive studies provide data on habitat use and natural history that are essential to efficiently plan broader-scale studies**, and simply evaluating the relationship between sampling intensity and detectability can indicate whether more extensive studies of

justificáveis considerando os recursos disponíveis. Estudos na Reserva Ducke demonstraram, por exemplo, que o Sauim-de-coleira, *Saguinus bicolor*, uma espécie altamente ameaçada com uma distribuição geográfica restrita, é comum e está razoavelmente segura dentro da reserva (Vidal & Cintra 2006). Em contraste, o Coatá ou Macaco-aranha (*Ateles paniscus*), uma espécie com enorme distribuição geográfica e muito menos ameaçada, está quase extinta dentro da reserva (Gordo *et al.* 2008).

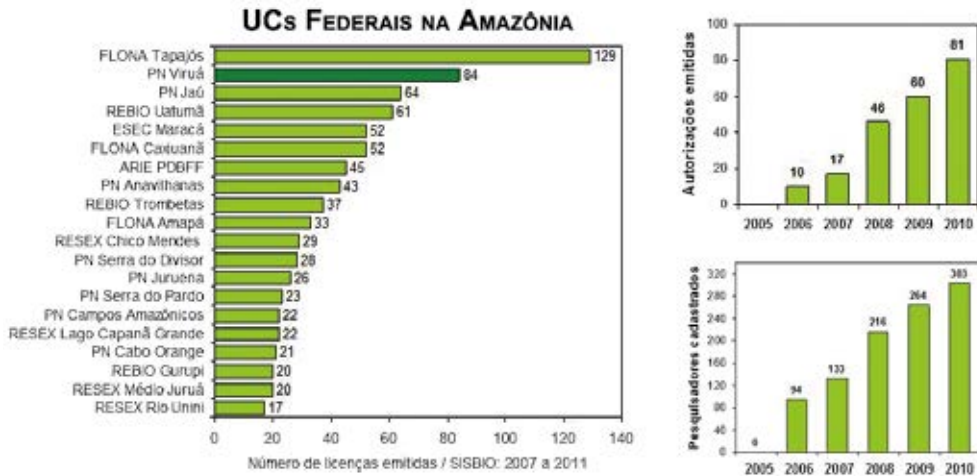
(3) A presença de uma área de estudo intensivo de fácil acesso com infraestrutura de campo aumenta muito a atratividade de uma UC para os pesquisadores. Concentrar a pesquisa em uma área limitada traz benefícios tanto para pesquisadores quanto gestores. O conhecimento prévio sobre os processos dos ecossistemas torna o planejamento da pesquisa muito mais eficaz e informações detalhadas sobre processos populacionais passados podem tornar a área muito mais útil para estudos específicos (Aigner & Koehler 2010). Além disso, estudantes muitas vezes não têm recursos financeiros para montar expedições até áreas remotas e podem acessar a área de estudo inteira a pé. Embora os gestores de parques estejam “em uma posição única para realizar pesquisas de longa duração e/ou monitorar os resultados das orientações de gestão implementadas por eles” (Feinsinger *et al.* 2010), devido ao fato de muitos já estarem incluídos em outras atividades (Pitman *et al.* 2011b), o papel principal da maioria dos gestores de unidades de conservação será a coor-

the species are justified given the resources available. Studies in Reserva Ducke have shown that the Bare-face Tamarin, *Saguinus bicolor*, a highly endangered species with a restricted geographic distribution, is common and reasonably secure within the reserve (Vidal and Cintra 2006). In contrast, the Black Spider Monkey (*Ateles paniscus*), a species with a huge geographic distribution, and much less endangered globally, is almost extinct within the reserve (Gordo *et al.* 2008).

(3) The presence of an easily accessible intensive study area with field infrastructure increases enormously the attractiveness of a park for researchers. Concentrating the research in a limited area has benefits for both researchers and managers. The background information on ecosystem processes makes research planning much more effective, and detailed information on past population processes makes the area much more useful for specific studies (Aigner



- Participante medindo a circunferência de uma árvore durante oficina de monitoramento de grupos-alvo. Intensificar a amostragem sobre o uso do hábitat e a história natural é essencial para planejar estudos em escalas mais amplas.
- Participant measuring the circumference of a tree during a target-group monitoring workshop. The intensification of sampling on habitat use and natural history is essential for planning studies at broader scales.



● *Grças ao sistema RAPELD, em poucos anos o Parque Nacional do Viruá passou a atrair centenas de pesquisadores, tornando-se um importante pólo de pesquisas na Amazônia e área de estudo de mais de 300 pesquisadores. Atualmente o Viruá é uma das UCs com maior número de licenças de pesquisas cadastradas na Amazônia, incluindo a participação de 17 instituições de pesquisa das mais diferentes regiões do país. Entre as UCs mais pesquisadas da região, destacam-se outras unidades com o sistema RAPELD, como o Parque Nacioal do Jaú, Rebio Uatumã, Estação Ecológica Maracá, Floresta Nacional de Caxiuanã e do Amapá (Adaptado de Ribeiro & Lisboa 2011).*

● *Thanks to the RAPELD system, in a few years the Viruá National Park has attracted hundreds of researchers, becoming an important center for research in the Amazon and the study site of more than 300 researchers. Currently, Viruá is one of the parks with the highest number of registered research permits in the Amazon, including the participation of 17 research institutions from different regions of Brazil. Among the most surveyed parks in the region are other conservation units with the RAPELD system, such as the Jau National Park, Uatumã Biological Reserve, Maraca Ecological Station, Caxiuanã and Amapá National Forests (Adapted from Ribeiro and Lisboa 2011).*

denação das atividades. Neste sentido, o controle do acesso e apoio às atividades de pesquisa são muito mais eficazes se concentrados dentro de uma área limitada. **O desenvolvimento de técnicas e experiências na área de estudo intensivo reduz fortemente os custos quando estudos mais extensivos são realizados** e os gestores podem avaliar a seriedade dos pesquisadores antes de deixá-los soltos em áreas onde haverá muito menos supervisão. Esses benefícios foram uma das principais razões pelas quais os gestores optaram por começar com uma grade grande próxima à sede da UC.

and Koehler 2010). Also, students often do not have the financial resources to mount expeditions to remote areas, and can access the whole study area on foot. Although park rangers are “uniquely positioned to undertake long-term investigations and/or monitor the results of management guidelines that they’ve implemented” (Feinsinger *et al.* 2010), because many are already included in other activities (Pitman *et al.* 2011b), the primary role of most park managers will be in coordinating activities. Managers can control access and support researcher activities much more effectively if they are mostly undertaken within a limited area. **Development of techniques and experience within**

Segundo o relatório do programa de pesquisas do Parque Nacional do Viruá (Ribeiro & Lisboa 2011), até 2005, haviam sido realizados apenas dois levantamentos de campo na unidade. Com a conclusão da instalação da grade RAPELD, em 2006, o número de pesquisas no PNV autorizadas no SISBIO vem crescendo fortemente, tendo saltado de 0 (zero) para 10 no primeiro ano, chegando a 46 em 2008 e a mais de 80 em 2011, e inclui hoje mais de 300 pesquisadores cadastrados.

(4) Embora muitas vezes não seja uma prioridade para os pesquisadores individuais, os gestores de UCs têm que levar em conta os interesses e aspirações da população local. A participação em estudos como guias e assistentes de campo é um dos modos mais diretos de

the area of intensive study greatly reduces the costs when more extensive studies are undertaken,

and managers can evaluate the seriousness of researchers before letting them loose in areas where there will be much less oversight. These benefits are one of the principle reasons that managers have opted to start with a large grid near park headquarters.

According to the report of the Research Program of the Viruá National Park (Ribeiro and Lisboa 2011), only two field surveys had been made in the park before 2005. Since the installation of the RAPELD grid in 2006, the number of studies authorized for Viruá in SISBIO has been growing strongly, having jumped from 0 (zero) to 10 in the first year, to 46 in 2008 and more than 80 in 2011, which today includes more than 300 registered researchers.

(4) Although often not a priority for individual researchers, park managers have to take into account the interests and aspirations of local people. Involvement in studies as guides and field assistants is one of the most direct ways that local people can be involved in legal activities in parks and receive economic benefits from the existence of the park. Interactions of local people with researchers from outside the community, with much broader knowledge of conservation and development issues, is one of the most effective methods of capacity building. Curtin (2010) concluded that “some ... still view the scientists and managers with suspicion. ... the best antidote is to let the place work its magic through shared hours spent on the water or in the saddle.” Often, highly trained assistants are in demand in other areas, and researchers frequently take the best assistants to new



● *Estudantes aprendendo alguns truques de funcionamento de uma armadilha Winkler durante a Semana de Ciência e Tecnologia na Reserva Ducke. Um dos componentes de sucesso no treinamento e educação de pessoas das comunidades locais está em despertar o interesse pela biodiversidade e pelos métodos de amostragem.*

● *Students learning the operational tricks of a Winkler extractor during the Week of Science and Technology in Reserva Ducke. One of the components of success in training and education of local people is to awaken their interest in biodiversity and the sampling methods.*



● *A Iguana, Iguana iguana, é um grande lagarto que ocorre nos neotrópicos, do México ao Paraguai. São animais diurnos, passando a maior parte do tempo em árvores, geralmente perto da água. Dormem sobre galhos, mas as fêmeas nidificam geralmente no chão. São encontrados bastante em áreas de capoeira, margens de riachos e clareiras, pois dependem do sol para manter sua temperatura corporal relativamente alta, facilitando a digestão da material vegetal.*

● *The Iguana, Iguana iguana, is a large lizard that occurs in the neotropics, from Mexico to Paraguay. They are diurnal animals, spending most of their time in trees, usually near water bodies. They sleep on branches, but females generally nest in the ground. They are found mostly in regrowth forest, stream banks and forest gaps, because they depend on the sun to maintain their body temperature relatively high, facilitating the digestion of plant material.*

se envolver a população local em atividades legais nas UCs e de fazê-los receber benefícios econômicos da existência da UC. A interação de pessoas locais com pesquisadores de fora da comunidade, com conhecimento mais amplo sobre questões de conservação e desenvolvimento, é um dos métodos mais eficazes de capacitação. Curtin (2010) concluiu que “alguns... ainda veem os cientistas e gestores com desconfiança. ... o melhor antídoto é deixar o lugar criar sua magia através das horas compartilhadas na água ou na sela”. Muitas vezes, assis-

sites to help train people from that area. This also contributes greatly to capacity building in both areas. Concentrating research in one area increases the consistency of work, and thereby increases the chances that local people will adopt biodiversity services as a career. Between 2006 and 2008, 712 students were involved in courses associated with the RAPELD grid in Viruá National Park (Ribeiro and Lisboa 2009). However, **care must be taken that concentrating research in one area does not exclude communities associated with other parts of the park.**

tentes bem treinados são demandados em outras áreas e, frequentemente, os pesquisadores levam os melhores assistentes para novos locais para ajudarem a treinar pessoas daquela área. Isso contribui muito para a capacitação em ambas as áreas. A concentração de pesquisas em uma área aumenta a coerência do trabalho e, assim, aumenta as chances da população local adotar serviços de biodiversidade como uma carreira. Entre 2006 e 2008, 712 estudantes participaram de cursos associados à grade RAPELD no Parque Nacional do Viruá (Ribeiro & Lisboa 2009). Entretanto, **é importante cuidar para que a concentração das pesquisas em uma área não ocorra em detrimento do benefício a comunidades adjacentes localizadas em outras partes da UC.**

A importância dada a este aspecto das pesquisas em UCs é refletida nos depoimentos dados pelos gestores. Em resposta a uma enquete em 2010 sobre o valor da grade RAPELD, o gestor do Parque Nacional do Viruá, Antônio Lisboa, notou que “a instalação da grade de trilhas (i.e. metodologia RAPELD, incluindo 12 trilhas de 5 km cada, no total de 60 km de trilhas em uma grade de 5 km x 5 km, ou seja, 25 km²) foi de extrema importância para os avanços presentes do Viruá, com impactos extremamente benéficos em relação à produção de conhecimento sobre a biodiversidade, capacitação e geração de renda para as comunidades locais e ao aumento da visitação”. O relatório de 2005-2008 da UC (Ribeiro & Lisboa 2009) foi ainda mais específico e afirmou que “o programa de

The importance given to this aspect of research in parks is reflected in the testimonials given by park managers. In response to a consultation in 2010 about the value of a RAPELD grid, the manager of the Viruá National Park, Antônio Lisboa, wrote (translated from Portuguese) “installation of the PPBio grid of trails (i.e. RAPELD methodology, including 12 trails each of 5 km, in a total of 60 km of trails in a grid of 5 km x 5 km, or 25 km²) was of extreme importance for the present advances of the PN Viruá, with extremely beneficial impacts in relation to production of knowledge about biodiversity, to the capacity building and income generation for people from local communities, and increase in visitation.” The 2005-2008 report for the park (Ribeiro and Lisboa 2009) was even more specific and stated “The Research Program of the Viruá National Park is being implemented since 2005, having as its principal bases PPBio... Investments and partnerships in the production of environmental knowledge have become symbols of the Viruá National Park, that are consolidating the park as one of the principle poles of research in Amazonia. In 2008, the Viruá was the conservation unit that received the largest number of research applications in Amazonia and the fourth in all Brazil, a unique situation for conservation units in the northern region.”

(5) Intensive studies lead to the discovery of new species for the park, and frequently to the description of new species for science. For instance, even in an intensively studied locality, such as Reserva Ducke, installation of trails lead to the discovery of many new species for the reserve, such as the bushy-tailed opossum, *Glironia venusta*, (Calzado *et al.* 2008), the frog *Atelopus spumarius* (Menin *et al.* 2008b), and many species of plants

pesquisa do Parque Nacional do Viruá está sendo implementado desde 2005, tendo como sua base principal o PPBio... Investimentos e parcerias na produção de conhecimento ambiental se tornaram um símbolo do Parque Nacional do Viruá, que estão consolidando o parque como um dos principais polos de pesquisa na Amazônia. Em 2008, o Viruá foi a UC que recebeu o maior número de pedidos de licença na Amazônia e o quarto em todo o Brasil, uma situação única para as UCs na região Norte”.

(5) Estudos intensivos levam à descoberta de novas espécies para a UC e, frequentemente, à descrição de novas espécies para a ciência. Por exemplo, mesmo em uma localidade intensamente estudada, como a Reserva Ducke, a instalação de trilhas levou à descoberta de muitas espécies novas para a reserva, como o marsupial *Glironia venusta* (Calzado *et al.* 2008), o sapo *Atelopus spumarius* (Menin *et al.* 2008b) e muitas espécies de plantas (Costa *et al.* 2008). **Tais ocorrências atraem a atenção do público e podem ser usadas em negociações para consolidar ou ampliar as fronteiras das UCs.**

Todavia, levantamentos de qualquer área na Amazônia revelam novas espécies. Por isso, tais informações costumam ser menos úteis do que nos países em que a distribuição da biota é bem conhecida. A descoberta da presença de urubus ameaçados na Europa ou de coalas na Austrália tem maior probabilidade de influenciar as decisões de conservação. A acessibilidade pode também levar a correção de falsas ocorrências (por exemplo, Sampaio *et al.* 2011).



- *Estúdio fotográfico improvisado na Rebio Uatumã durante produção de guia sobre samambaias. Ainda que as condições não sejam sempre as ideais, a existência de infraestrutura básica de campo permite que pesquisadores estudem a biodiversidade em áreas remotas.*
- *Photo studio improvisation in Uatumã Biological Reserve during the production of a field guide to ferns. Although conditions are not always ideal, the existence of basic field infrastructure allows researchers to study biodiversity in remote areas.*

(Costa *et al.* 2008). **Such occurrences attract public attention, and can be used in negotiations to consolidate or expand park borders.** However, surveys of any areas in Amazonia reveal new species. Therefore, such information is less useful than in countries in which the distribution of the biota is well known. Discovery of the presence of endangered vultures in Europe, or koalas in Australia, is much more likely to influence conservation decisions. Accessibility can also lead to corrections of false occurrences (e.g. Sampaio *et al.* 2011).

Novas espécies de invertebrados encontradas na Reserva Ducke

A biodiversidade na região tropical é em grande parte desconhecida, pois o número de espécies é muito alto, a densidade de pesquisadores é baixa e o acesso às áreas geralmente depende de infraestrutura. Na Amazônia, mesmo grupos bem conhecidos, como aves e primatas, têm várias espécies novas a serem descritas e áreas bem estudadas, como a Reserva Ducke, abrigam centenas de espécies novas de animais, plantas e fungos.

New invertebrate species found at Reserva Ducke

The biodiversity in the tropical region is largely unknown, mainly because the number of species is very high, the density of researchers is low and the access to areas usually depends on infrastructure. In the Amazon, even well-known groups, such as birds and primates, have several new species to be described, and well researched areas, such as the Ducke Reserve, host hundreds of new species of animals, plants and fungi.

- Números estimados de espécies de invertebrados e espécies novas registradas na Reserva Ducke.
- Estimated number of invertebrate species and number of new species recorded at Reserva Ducke.

TÁXONS TAXA	Nº de espécies Number of Species	Espécies novas New species	% de espécies novas % of new species
Formigas Ants	237	166	70
Baratas Cockroaches	39	27	69
Ácaros Oribatid mites	254	145	57
Cupins Termites	79	23	29



Pachycondyla procidua



Ischnoptera sp. nov.

(6) Há uma tendência crescente das organizações responsáveis por unidades de conservação no Brasil a gerenciar grupos de reservas que formam mosaicos na paisagem como sistemas integrados, mesmo quando essas organizações pertencem a diferentes níveis políticos, como federal, estadual e municipal. **Para manejar mosaicos de unidades de conservação de forma eficaz, é necessário entender como as unidades individuais se complementam em termos de processos do ecossistema e da biodiversidade.** Estudos intensivos podem contribuir para esse conhecimento, mas somente se forem realizados em todas as unidades e tiverem uma cobertura razoavelmente representativa

(6) There is an increasing tendency for organizations responsible for conservation units in Brazil to manage groups of reserves that form mosaics in the landscape as integrated systems, even when those organizations belong to different political levels, such as federal, state and municipal. **To manage conservation mosaics effectively, it is necessary to understand how the individual units complement each other in terms of biodiversity and ecosystem processes.** Intensive studies can contribute to that knowledge, but only if they are carried out in all of the units, and they have reasonably representative coverage in each unit. Therefore, large grids used for intensive studies are unlikely to contribute to this objective in the short term, and several smaller modules are more appropriate.

As explained in Chapter 3, it will be a long while before we will be able to sample biodiversity intensively across the landscape and produce the detailed GIS layers necessary for land-use planning (see also Ostfeld and Jones 2010), and much conservation planning is not evidence based (Cook *et al.* 2010). Nonetheless, sampling can be used to evaluate surrogates used for zoning. For instance, when the management plan for the Viruá National Park was being produced, most of the areas identified for intensive on-ground studies by the biologists were distinct on satellite images. However, large areas that were not particularly distinct to the north of the park were next to potential agricultural settlements and received sheet-water flow from outside the park. While not particularly interesting to biologists, it was important to determine whether they were as uninteresting and homogeneous as the remote-sensing surrogates suggested.



- *O maracujá-do-mato, Passiflora sp. ocorre em áreas abertas. A maior parte dos maracujás são trepadeiras, mas pode ser arbustos ou herbáceas. Ocorrem na América do Sul e a Amazônia possui muitas espécies. O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, mas ainda explora pouco a biodiversidade herdada.*
- *The Wild passion-fruit, Passiflora sp. occurs in open areas. Most species of this genus are vines, but some may be herbaceous or shrubs. They occurred only in South America and the Amazon has many species. Brazil is the largest producer of passion fruit, but still exploits little of its biodiversity resources.*

em cada unidade. Portanto, grades de grandes dimensões utilizadas para estudos intensivos dificilmente poderiam contribuir para este objetivo em curto prazo, sendo que vários módulos menores seriam mais apropriados.

Como explicado no Capítulo 3, há um longo caminho até sermos capazes de amostrar a biodiversidade intensivamente em toda a paisagem e produzir as camadas de SIG necessárias para o planejamento do uso da terra (veja também Ostfeld & Jones 2010), sendo que grande parte do planejamento para a conservação não é baseada em evidências (Cook *et al.* 2010). No entanto, a amostragem pode ser usada para avaliar os substitutos utilizados para o zoneamento. Por exemplo, quando o plano de manejo do Viruá estava sendo produzido, a maioria das áreas identificadas pelos biólogos para estudos intensivos em campo era distinta em imagens de satélite. No entanto, grandes áreas ao norte do parque que não eram particularmente distintas estavam próximas a potenciais assentamentos agrícolas e recebiam fluxo de água superficial de fora do parque. Embora não fossem particularmente interessantes para os biólogos, era importante determinar se eram mesmo sem interesse e homogêneas como os substitutos de sensoriamento remoto sugeriam. Dessa forma, os gestores distribuíram diversas outras trilhas de 5 km de comprimento por todo o parque, incluindo tais áreas, de modo que os dados coletados pelos pesquisadores permitissem avaliar a distinção dessas áreas possivelmente ameaçadas. Como essas trilhas tinham



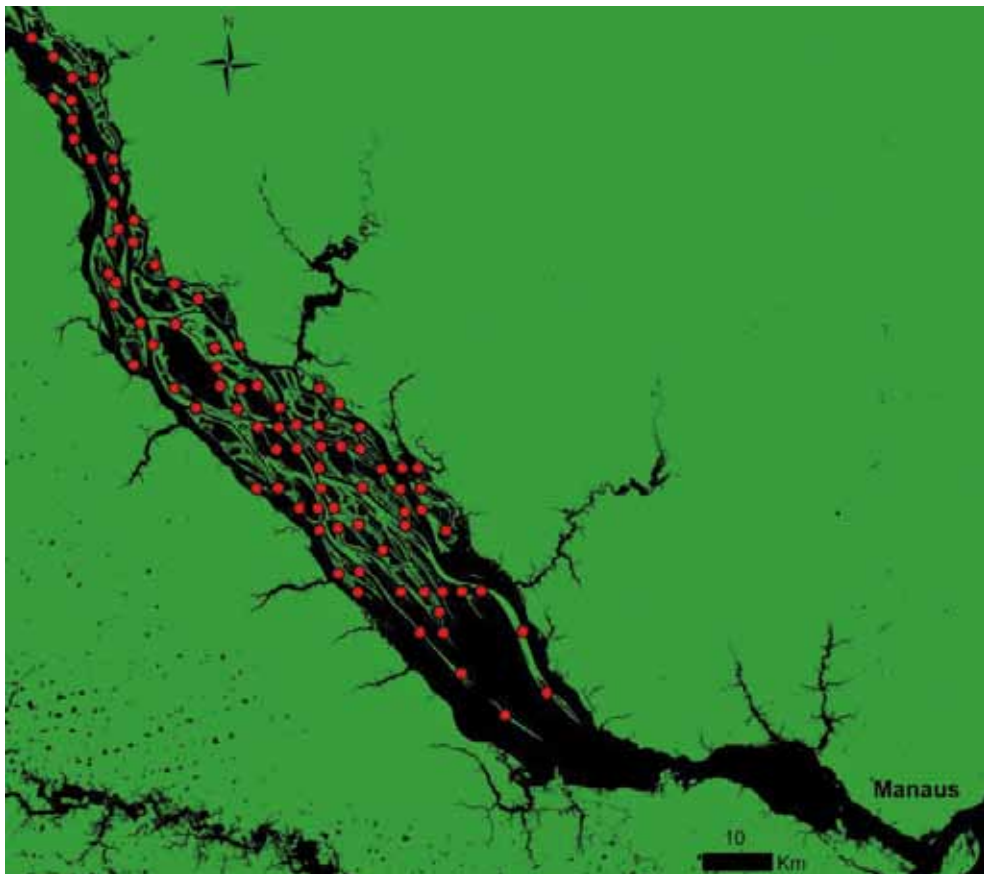
- *O Bacurau-da-praia, Chordeiles rupestris, ocorre apenas no norte da América do Sul. Vive em bandos, alimentando-se de insetos. Pode ser comum em áreas abertas, margens de rios e bancos de areia.*
- *The Sand-colored Nighthawk, Chordeiles rupestris, occurs only in northern South America. It lives in flocks, feeds on insects, and it may be common in open areas, riverbanks and sandbanks.*

Therefore, the park manager distributed 5-km long trails across the whole park, including those areas, so that the data collected by the biologists would allow evaluation of the distinctness of those possibly threatened areas. As the trails had the same configuration as those in the intensively studied grid near the park headquarters, data from the short-term studies could be integrated with the more detailed surveys. This type of planning can increase the value of surveys undertaken during zoning, and provide the initial data for longer-term monitoring.

(7) Many park managers are frustrated by scientific research because generally researchers do research for academic reasons and do not address the most urgent needs for reserve management. In meetings with research councils of some parks, we suggested that they should list the kinds of most needed research topics so that scientists could plan for applied

a mesma configuração das existentes na grade de estudos intensivos próxima à sede do parque, os dados dos estudos de curto prazo poderiam ser integrados com as pesquisas mais detalhadas. Este tipo de planejamento aumenta o valor dos levantamentos realizados durante o zoneamento e fornece dados iniciais para o monitoramento de longa duração.

projects. A common theme in these lists was illegal exploitation of resources inside parks. Systematic sampling provided by the RAPELD system is ideal for mapping the impacts of this exploitation, but when the area to be covered is too large and difficult to access it may require many small modules. ICMBio analysts asked researchers to map the availability of timber species and



- O Parque Nacional de Anavilhanas, área de estudo de Scabin et al. (2011). Cada ponto vermelho representa uma unidade amostral, distribuídas em todo arquipélago fluvial. Os gestores da UC solicitaram aos pesquisadores para mapear a disponibilidade de espécies madeireiras e o desmatamento ilegal e diversos módulos pequenos foram adaptados para cobrir uma grande extensão geográfica.
- The Anavilhanas National Park, the study site of Scabin et al. (2011). Each red dot represents a sample unit, distributed across the riverine archipelago. The park managers asked the researchers to map the availability of timber species and illegal deforestation, hence several small modules were adapted to cover a large geographic extent.

(7) Muitos gestores de UCs se frustram com a pesquisa científica porque geralmente os pesquisadores a fazem apenas por motivos acadêmicos, sem abordarem as necessidades mais urgentes para a gestão da unidade. Em reuniões com conselhos de algumas UCs, sugerimos que listassem os tópicos de pesquisa prioritários para que os cientistas pudessem planejar a submissão de projetos aplicados. Um tema comum nessas listas era a exploração ilegal de recursos dentro das reservas. A amostragem sistemática proporcionada pelo sistema RAPELD é ideal para mapear os impactos dessa exploração, mas quando a área a ser coberta é muito grande e de difícil acesso, pode exigir diversos módulos pequenos. Analistas do ICMBio solicitaram o mapeamento da disponibilidade de espécies madeireiras e do desmatamento ilegal e a avaliação de como as comunidades locais acessam esse recurso (Scabin *et al.* 2011). Os resultados foram apresentados em reuniões com a equipe da UC e as comunidades locais e foram aclamados como um dos estudos mais úteis já apoiados.

Pequenos módulos distribuídos ao longo da paisagem são mais adequados para fornecer dados em resposta a muitos dos objetivos apresentados pelos analistas do ICMBio. Além de serem mais baratos para instalar, não exigem tanta manutenção e podem ser amostrados com muito mais rapidez. Os profissionais de conservação estão apenas lentamente começando a entender os conceitos de amostragem relevantes para as questões que colocaram e esse

illegal logging in the Anavilhanas National Park, and to evaluate how local communities access this resource (Scabin *et al.* 2011). The results were presented in meetings with park staff and local communities, and were acclaimed as one of the most useful studies they had supported.

Smaller modules distributed across the landscape are better suited to provide data to respond to many of the objectives put forward by ICMBio analysts. These are cheaper to install, do not require as much maintenance, and can be surveyed much more quickly. Conservation professionals are only slowly beginning to understand the sampling concepts relevant to the questions they pose, and this process is even slower in remote areas, where managers often lack access to literature and other means of keeping up with the field. However, as they learn more about the limitations of conventional intensive studies, they are turning more to designs that allow better evaluation of spatial and temporal variation in the factors that they deem important. They are not abandoning large grids, but are attempting to supplement them with smaller modules.

Widely spaced modules give a much more representative picture of temporal trends, and they may be necessary to interpret population processes (Fink *et al.* 2010, Armitage 2010, Grant and Grant 2010, Ostfeld and Jones 2010, Hothorn *et al.* 2011, Matthiopoulos *et al.* 2011). However, access is likely to limit the frequency with which remote modules can be surveyed, and this will reduce the number of potential groups that can be monitored and the precision of the trend estimates. Therefore, **data from widely spaced modules are best**

processo é ainda mais lento em áreas remotas, onde os gestores muitas vezes não têm acesso à literatura e a outros meios de manter-se atualizados. No entanto, conforme aprendem mais sobre as limitações de estudos intensivos convencionais, estão se voltando mais para delineamentos que permitem uma melhor avaliação da variação espacial e temporal dos fatores que consideram importantes. Isso não significa que estejam abandonando as grades grandes, mas que estão tentando complementá-las com módulos menores.

Módulos espaçados oferecem uma imagem muito mais representativa da tendência temporal e podem ser necessários para interpretar os processos das populações (Fink *et al.* 2010, Armitage 2010, Grant & Grant 2010, Ostfeld & Jones 2010, Hothorn *et al.* 2011, Matthiopoulos *et al.* 2011). No entanto, as dificuldades de acesso provavelmente limitarão a frequência com que os módulos remotos possam ser amostrados e isso irá reduzir o número de grupos com potencial para serem monitorados e a precisão das avaliações de tendências. Assim, **dados de módulos amplamente espaçados são mais bem interpretados se comparados aos dados das áreas mais intensamente estudadas**, ou apenas para confirmar que padrões temporais identificados em estudos mais intensivos são espacialmente consistentes. Por exemplo, apesar de estudos de longa duração da perereca *Hyla boans* na Reserva Ducke indicarem a extinção local da espécie (Magnusson *et al.* 1999b), pesquisas em uma grade de 64 km² (equivalente a



- *O sapo Ctenophryne geayi na Reserva Ducke é outro exemplo de uma espécie previamente desconhecida na reserva que foi descoberta graças ao acesso a uma extensa área da reserva possibilitada pela grade RAPELD.*
- *The frog Ctenophryne geayi in Reserva Ducke is another example of a species previously unknown in the reserve that was discovered due to the access to a large extent of the reserve provided by the RAPELD grid.*

interpreted in relation to data on more intensively studied areas,

or just to confirm that temporal patterns identified in more intensive studies are spatially consistent. For example, although long-term studies of the tree frog, *Hyla boans*, in Reserva Ducke indicated that the species had gone to local extinction (Magnusson *et al.* 1999b), surveys over a 64 km² grid (equivalent to several widely spaced modules) indicated that the species had not disappeared from the reserve (Menin *et al.* 2008b).

Small modules distributed across the park are often more attractive to taxonomists who are collecting to find new species, because widely spaced modules may intercept more distinct habitats. Nonetheless, we have no information to suggest that this makes the park more attractive than larger grids situated near park headquarters, and factors that affect the number of researchers using the park in the long term need further study. Widely dispersed modules may not

vários módulos espaçados) indicam que a espécie não desapareceu da reserva (Menin *et al.* 2008b).

Pequenos módulos distribuídos ao longo da UC geralmente são mais atraentes para taxonomistas que estão coletando para encontrar novas espécies porque os módulos espaçados podem interceptar uma maior diversidade de habitats. No entanto, não temos informação que sugira que isso torne a UC mais atraente do que as grades maiores situadas perto da sede da unidade e os fatores que afetam o número de pesquisadores que utilizam uma UC em longo prazo precisam ser mais bem estudados.

have a large effect on visiting researchers, but they can be very important for involving people from different communities distributed around the park. Even if most of the assistants are from a few communities, involving them in studies across the whole park increases their perceptions of the functioning of the park and its local problems. Modules also provide information on processes affecting local areas that require reconsideration of park boundaries, such as occurred in the Viruá National Park (Ribeiro and Lisboa 2009).

As explained in Chapter 3, studies of complementarity in regions that are hyper diverse in terms of biodiversity, and relatively poorly known, require sampling that is



● *Técnicos de campo prensando e identificando plantas com base na Flora da Reserva Ducke (Ribeiro et al. 1999). O envolvimento de pessoas locais nas atividades de pesquisa ajuda a criar uma cultura de harmonia entre desenvolvimento e conservação.*

● *Field technicians pressing and identifying plants based on the Reserva Ducke Flora field guide (Ribeiro et al. 1999). The involvement of local people in research activities helps to create a culture of harmony between development and conservation.*

Módulos amplamente dispersos podem não ter um grande efeito sobre pesquisadores visitantes, mas podem ser muito importantes para envolver pessoas de diferentes comunidades distribuídas ao redor da UC. Mesmo que a maioria dos auxiliares de campo seja de poucas comunidades, envolvê-los em estudos ao longo de todo o parque aumenta sua percepção do funcionamento da área e de seus problemas locais. Módulos também podem fornecer informações sobre processos que afetem áreas específicas que requerem reconsideração dos limites do parque, como ocorreu no Parque Nacional do Viruá (Ribeiro & Lisboa 2009).

Como explicado no Capítulo 3, estudos de complementaridade em regiões hiper diversas em termos de biodiversidade e relativamente pouco conhecidas, requerem amostragem proporcional à disponibilidade e isso requer unidades de amostragem bem espaçadas. Algumas reservas pequenas foram intensamente estudadas utilizando a metodologia RAPELD, mas muitas outras áreas de amostragem em cada unidade de conservação serão necessárias antes que seja possível avaliar a complementaridade em mosaicos de UCs ou em áreas maiores. Portanto, embora a metodologia RAPELD possa contribuir para este objetivo (enquanto a maioria de estudos direcionados a perguntas específicas não pode), a avaliação quantitativa da complementaridade deve ser vista como um objetivo de longo prazo. Em áreas menores, com menos biodiversidade e mais pesquisadores, como a maioria dos locais na Europa e nos EUA, um número modesto de módu-



● *O Martim-pescador-grande, Megaceryle torquata. As aves e alguns outros pequenos grupos representam exceções em florestas tropicais, pois a biodiversidade e a distribuição das espécies são relativamente bem conhecidas.*

● *The Ringed Kingfisher, Megaceryle torquata. Birds and some other small groups are exceptions in tropical forests because their biodiversity and species distributions are relatively well known.*

proportional to availability, and this requires widely spaced sampling units. A few small reserves have been intensively studied using RAPELD methodology, but many more sampling units in each conservation unit will be necessary before it will be possible to evaluate complementarity in conservation-unit mosaics, or across larger areas. Therefore, although RAPELD methodology can contribute to this objective (whereas more directed studies cannot) quantitative evaluation of complementarity should be seen as a long-term goal. In smaller areas with less biodiversity and more researchers, such as most locations in Europe and the USA, a modest number of modules would allow quantitative evaluation of complementarity in the medium term at relatively small cost.

Sometimes, government agencies working at local scales have simple short-term objectives that can be resolved with a

los permitiria a avaliação quantitativa da complementaridade no médio prazo a um custo relativamente pequeno.

Em alguns casos, as agências governamentais que trabalham em escalas locais têm objetivos simples de curto prazo que podem ser resolvidos com um único estudo normativo caro. No entanto, na maioria dos casos, eles enfrentam vários problemas e demandas, tais como aqueles descritos para o ICMBio, e eles têm recursos limitados para atender tais demandas. Nestes casos, em vez de investir em estudos extremamente direcionados a perguntas específicas, **pode ser mais eficiente investir no planejamento no longo prazo e implementar infraestrutura que será útil para atender a demanda de vários usuários em um variado leque de escalas espaciais e temporais** (Curtin 2010).

Agências Governamentais – Escala Nacional

Agências governamentais, tais como ministérios ambientais nos governos federais, muitas vezes têm responsabilidades obrigatórias, como as decorrentes da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), mas têm recursos limitados ou ausentes para ações diretas. Nesse caso, elas são dependentes de sua capacidade de influenciar outras organizações para realizar as ações no nível local. Muitas vezes, como é o caso na Austrália, governos municipais locais têm a responsabilidade primária da gestão ambiental. Isso levou a uma infinidade de sistemas para integrar a

single expensive normative study. However, in most cases, they face multiple issues and demands, such as those described for the ICMBio, and have limited funds to meet those demands. In these cases, rather than investing in extremely directed studies, **it may be more efficient to invest in planning in the long term, and implement infrastructure that will be useful to meet the demands of multiple users across a range of spatial and temporal scales** (Curtin 2010).

Government Agencies – Nation wide

Government agencies, such as environmental ministries in federal governments, often have mandated responsibilities, such as those under the Convention on Biological Diversity (CBD), but have limited or no resources for direct actions. In that case, they are dependent on their ability to influence other organizations to carry out the actions at the local level. Often, as is the case in Australia, local municipal governments have the primary responsibility for environmental management. This has led to a plethora of schemes to integrate existing information to implement vicarious monitoring. Surrogates, such as rates of deforestation, number of endangered species with management plans and rates of description of new species are used to evaluate the state of the environment and initiatives to understand biodiversity. However, these initiatives rarely involve direct measures of biodiversity.

Ambitious schemes either treat biodiversity peripherally to be included incidentally in specific studies (e.g. NEON in the USA and TERN in Australia), or they

informação existente para implementar o monitoramento indireto. Substitutos, tais como taxas de desmatamento, número de espécies ameaçadas com planos de manejo e taxas de descrição de novas espécies, são utilizados para avaliar o estado do meio ambiente e iniciativas para compreender a biodiversidade. No entanto, essas iniciativas raramente envolvem medidas diretas da biodiversidade.

Esquemas grandiosos ora tratam a biodiversidade periféricamente para ser incluída incidentalmente em estudos específicos (por exemplo, NEON nos EUA e TERN na Austrália), ora tomam uma abordagem independente e executam um monitoramento obrigatório de uma gama limitada de táxons por uma equipe dedicada (por exemplo, ABMI no Canadá). Embora essas iniciativas tenham muitos elementos positivos, seria útil complementá-las com um sistema que permite o monitoramento padronizado por um amplo leque de interessados que não necessariamente recebem financiamento direto de agências federais. Essa foi a abordagem adotada pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) no Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). O MCTI financia diretamente alguns trabalhos de campo, os quais servem como modelo em cada região, e investe fortemente na capacitação e gestão dos dados (ver Capítulo 7) por meio do PPBio e programas afins, tais como o Instituto Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Biodiversidade Amazônica (INCT-CENBAM). No entanto, a maioria dos dados é gerada por organizações parceiras, como uni-



- *A bromélia Neoregelia eleutheropetala. Muitas das espécies de bromélias são usadas como plantas ornamentais, mas muitas vezes essa prática envolve uma extração descontrolada das populações.*
- *The bromeliad Neoregelia eleutheropetala. Many species of bromeliads are used as ornamental plants, but this practice often involves an uncontrolled extraction of populations.*

take a go-it-alone approach and carry out mandated monitoring of a limited range of taxa by dedicated staff (e.g. ABMI in Canada). While these initiatives have many positive elements, it would be useful to complement them with a system that allows standardized monitoring by a wide range of stakeholders that do not necessarily receive direct funding from the federal agency. That was the approach adopted by the Brazilian Ministry of Science, Technology and Innovation (MCTI) in the Program for Biodiversity Research (PPBio). The MCTI directly finances some field work, which serves as a model in each region, and invests heavily in training and data management (see Chapter 7) through the PPBio and related programs, such as the National Institute of Science, Technology and Innovation for Amazonian Biodiversity (INCT-CENBAM). However, most data are generated by partner organizations, such as universities, state environmental agencies

versidades, órgãos ambientais estaduais (SEMAs) e agências vinculadas ao Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Sistemas de monitoramento padronizados fornecem dados que podem ser usados por agências governamentais para relatórios sobre o estado do meio ambiente. Por exemplo, existe uma crescente preocupação sobre os efeitos das espécies introduzidas em habitats naturais (por exemplo, Mack *et al.* 2000, Vilà *et al.* 2010) e antrópicos (por exemplo, Pimentel *et al.* 2000). Entretanto, “estudos direcionados de computador” podem levar a resultados enganosos e estudos replicados de longo prazo são necessários para avaliar o impacto de espécies exóticas em uma região (por exemplo, Brown *et al.* 2011b). Uma das principais limitações das tentativas para se avaliar os impactos de espécies introduzidas é a falta de dados quantitativos comparáveis sobre espécies exóticas e as múltiplas espécies e os processos ecossistêmicos que podem ser afetados (Kulhanek *et al.* 2011). **Unidades amostrais replicadas e espacialmente padronizadas são necessárias para avaliar a incidência e a cobertura de espécies exóticas em diferentes regiões.**

Na verdade, a invasão por espécies exóticas é apenas uma de muitas potenciais catástrofes ambientais que podem ter efeitos sinérgicos. Chamadas foram feitas para o estabelecimento de sítios de monitoramento, de forma que os efeitos dos desastres possam ser quantificados (por exemplo, Lindenmayer *et al.* 2010). No entanto, muitas vezes, esses mesmos autores protestaram contra o

(SEMAs) and agencies linked to the federal Ministry of Environment (MMA).

Standardized monitoring schemes provide data that can be used by government agencies for state-of-the-environment reports. For instance, there is growing concern about the effects of introduced species in natural (e.g. Mack *et al.* 2000, Vilà *et al.* 2010) and anthropogenic habitats (e.g. Pimentel *et al.* 2000). However, directed “desk-top” studies may give misleading results, and long-term replicated studies are needed to evaluate the impact of exotics within a region (e.g. Brown *et al.* 2011b). A major limitation of attempts to evaluate impacts of introduced species is the lack of comparable quantitative data on exotics and the multiple species and ecosystem processes that may be impacted (Kulhanek *et al.* 2011).

Replicated spatially-standardized sampling units are necessary to



- *Identificação de peixes durante curso de monitoramento da biodiversidade na Reserva Ducke. A existência de guias fotográficos com espécies locais facilita muito a execução de estudos e cursos.*
- *Identification of fishes during a course on biodiversity monitoring in Reserva Ducke. The existence of photographic guides with local species greatly facilitates the execution of studies and courses.*

monitoramento, com exceção da “gestão adaptativa” (por exemplo, Lindenmayer & Likens 2010), e recomendaram a avaliação de desastres depois que eles ocorram (Lindenmayer *et al.* 2010). Ou seja, temos que esperar o desastre acontecer para que possamos justificar o monitoramento! Pouco se sabia sobre a biodiversidade no Golfo do México antes da plataforma de petróleo da BP ‘Deepwater Horizon’ explodir (Reichman *et al.* 2011). **Se os módulos RAPELD tivessem sido instalados previamente, nós agora saberíamos muito mais so-**

evaluate the incidence and cover of exotics in different regions.

In fact, invasion by exotics is only one of a multitude of potential environmental disasters that may have synergistic effects. Calls have been made for the establishment of monitoring sites so that the effects of disasters can be quantified (e.g. Lindenmayer *et al.* 2010). However, often those same authors have railed against monitoring except for “adaptive management” (e.g. Lindenmayer and Likens 2010), and recommended evaluation of disasters after they occur (Lindenmayer *et al.* 2010). That is, we have to wait for the disaster to occur before we can justify monitoring! Little is known about biodiversity in the Gulf of Mexico before BP’s Deepwater Horizon oil rig exploded (Reichman *et al.* 2011). **If RAPELD modules had been installed beforehand, we would now know much more about the extent of damage.**

Should someone have been monitoring, even though they did not know whether a disaster might be due to an oil spill, loss of wetlands and freshwater inputs into the gulf, climate change, or something else? We believe they should have, and users, including shipping companies, fishing fleets, and the oil industry could have easily borne the tiny costs in relation to the huge profits that are made in the area at the potential cost to the environment. If monitoring costs can be spread across a wide range of stakeholders, with government intervention only in relation to training, data availability and already-existing mandated monitoring, everybody gains and monitoring becomes more relevant to all concerned citizens, at a fraction of the cost presently spent on



- *Técnico de campo com malhadeira no Parque Nacional do Viruá. A diversidade de estudos nos sítios com infraestrutura RAPELD representa muitas oportunidades para o desenvolvimento profissional dos moradores locais.*
- *Field technician with gillnets in Viruá National Park. The variety of studies in sites with RAPELD infrastructure represents many opportunities for professional development of local people.*

bre a extensão dos danos. Alguém deveria estar monitorando, mesmo sem saber se um desastre poderia ocorrer devido a vazamento de óleo, perda de zonas alagadas e entrada de água doce para o golfo, alterações climáticas ou algo mais? Acreditamos que deveriam ter monitorado, e os usuários, incluindo empresas de navegação, frotas de pesca e a indústria do petróleo, poderiam facilmente ter financiado os pequenos custos em relação aos grandes lucros que são obtidos da área com um custo potencial para o ambiente. Se os custos de monitoramento podem ser distribuídos por uma vasta gama de interessados, com a intervenção do governo apenas em relação ao treinamento, disponibilização de dados e monitoramentos obrigatórios já existentes, todos ganham e o monitoramento torna-se mais relevante para todos os cidadãos interessados, a uma fração do custo atualmente gasto em pesquisas direcionadas a questões de pouca relevância para a maioria dos cidadãos e no monitoramento obrigatório improdutivo.

Moradores da cidade

À medida que a democracia se expande e se consolida, a população local terá mais a dizer sobre as ações de seus governos e, se eles não estão preocupados e envolvidos na conservação, esta não será efetiva. Como a maioria das pessoas atualmente vive em cidades (Pimm 2001), o processo democrático leva a situações em que as decisões estão sendo tomadas por pessoas com pouca experiência pessoal do mundo



- *A Tartaruga-da-amazônia, Podocnemis expansa, é a maior tartaruga de água doce da América do Sul, chegando a medir até 1 m de comprimento e a pesar mais de 50 kg. São animais cuja carne e os ovos são muito apreciados pelos habitantes tradicionais.*
- *The Giant South American River Turtle, Podocnemis expansa, is the largest freshwater turtle in South America, reaching up to 1 m in length and weighing more than 50 kg. Their meat and eggs are highly prized by traditional inhabitants.*

research directed towards questions of little relevance to most citizens and unproductive mandated monitoring.

City Dwellers

As democracy expands and consolidates, local people will have more say about the actions of their governments, and if they are not concerned and involved in conservation, it will not be effective. As most people now live in cities (Pimm 2001), the democratic process leads to decisions

biológico não humano. **As pessoas estão ficando cada vez mais isoladas do contato com os processos ecológicos naturais e é exatamente o contato com a natureza que estimula o interesse em estudá-la e compreendê-la** (Billick & Price 2010b). Isto pode ser parcialmente abordado por estudos de ecologia em jardins escolares (Feinsinger *et al.* 2010), mas as áreas urbanas agora cobrem uma grande parte da terra (Pimm 2001) e estas exigem estudos espacialmente explícitos se quisermos compreender os seus efeitos sobre a biodiversidade.

Muitas áreas não dedicadas à agricultura estão agora sendo ameaçadas pela expansão urbana e pelo desejo das pessoas de construir casas em áreas verdes em torno das cidades (Knight *et al.* 1995, Hansen *et al.* 2005, Lookingbill *et al.* 2009). No entanto, mesmo as áreas densamente habitadas mantêm grande biodiversidade. **Geralmente não é possível instalar a infraestrutura de campo (trilhas e parcelas) utilizada no sistema RAPELD em cidades, mas a lógica RAPELD pode ser aplicada ao monitoramento por meio de grades virtuais.** Muita biodiversidade pode ser conservada em cidades, especialmente se as características do hábitat que as espécies exigem são conservadas (por exemplo, Hamer & Parris 2011). Fontana *et al.* (2011) usaram uma grade virtual para amostrar aves na cidade de Porto Alegre, sendo que a cidade teve um número de espécies de aves similar a áreas comparáveis de floresta



- *Bototerapia em Novo Airão, Amazonas, utilizada com sucesso na reabilitação de seres humanos em diversos países. O contato com a natureza estimula o interesse em estudar e compreender a biodiversidade.*
- *Amazon River dolphin therapy at Novo Airão, State of Amazonas, successfully used in the rehabilitation of humans in various countries. The contact with nature stimulates interest in studying and understanding biodiversity.*

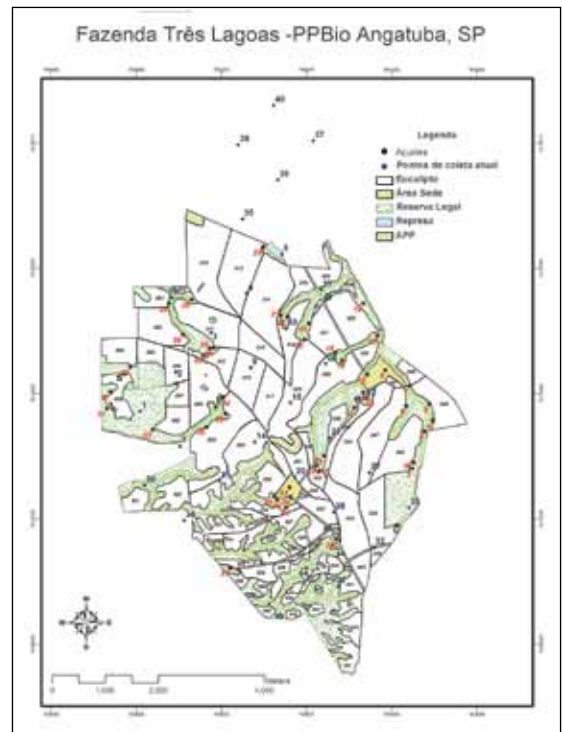
being made by persons with little personal experience of the nonhuman biological world. **People are increasingly becoming isolated from contact with natural ecological processes, and it is contact with nature that stimulates interest in studying and understanding it** (Billick and Price 2010b). This can partly be countered by school-yard ecology studies (Feinsinger *et al.* 2010), but urban areas now cover a large part of the earth (Pimm 2001), and they require spatially explicit studies if we are to understand their effects on biodiversity.

Many areas not dedicated to agriculture are now being threatened by urban expansion and the desire of people to build houses in green areas around cities (Knight *et al.* 1995, Hansen *et al.* 2005, Lookingbill *et al.* 2009). However, even densely inhabited areas maintain much biodiversity. **It is generally**

tropical. Obviamente, não queremos perder as aves da floresta tropical, mas em muitas partes do mundo teremos de nos contentar com o que podemos conservar em áreas urbanas.

Reservas urbanas, e as reservas ou áreas de floresta na periferia de cidades (por exemplo, Eloy 2008), podem ser envolvidas na educação de crianças das cidades. Mesmo uma única visita pode ser usada durante todo o ano para explorar questões relacionadas à ecologia (Feinsinger *et al.* 2010). O objetivo é tanto dar às crianças um laço emocional com a terra quanto transmitir fatos. Aigner e Koehler (2010) descrevem uma mistura de programas associados com a Reserva McLaughlin “que buscam entender e expandir os limites de modos tradicionais de investigação e de expressão, tais como ciência, arte, escrita e espiritualidade” e concluiu que “grupos não científicos têm enriquecido o nosso apreço pelo ecossistema do mosaico serpentino, centrando-se na interação dos seres humanos e das forças naturais na evolução da paisagem e produzindo obras que manipulam e melhoram a resposta emocional e estética que a paisagem desenha a partir de seus ocupantes humanos”. Embora não seja um requisito, uma grade RAPELD dá acesso à área e facilita o ensino. Estamos envolvidos em programas, como o “Jovem Cientista” da Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM), que concedem bolsas pequenas para crianças de escolas locais e professores para que eles possam participar de estudos realizados na grade RAPELD da Reserva Ducke, e os resultados são extremamen-

not possible to install the field infrastructure (trails and plots) used in the RAPELD system in cities, but the RAPELD logic can be applied to monitoring by using virtual grids. Much biodiversity can be conserved in cities, especially if habitat features it requires are conserved (e.g. Hamer and Parris 2011). Fontana *et al.* (2011) used a virtual grid to survey birds in the city of Porto



- Mapa da Fazenda Três Lagoas em Angatuba, sudoeste de São Paulo, na bacia do Alto Paranapanema. A fazenda tem cerca de 3.420 ha e ocupa uma área originalmente de transição entre cerrado e floresta semidecídua com elementos de cerrado, possuindo uma grade RAPELD para os levantamentos de fauna e flora.
- Map of Fazenda Três Lagoas in Angatuba, southwest of São Paulo in the basin of the Alto Paranapanema river. The farm has about 3,420 ha and originally occupied an area of transition between savanna and forest with elements of woodland. It hosts a RAPELD grid for surveys of fauna and flora.



- *Atividades com coleta e identificação de peixes na Reserva Ducke para estudantes do ensino médio de Manaus. Reservas urbanas ou parques podem ser utilizados na educação de crianças das cidades, pois têm fácil acesso e são baratos ou gratuitos.*
- *Collection and identification of fishes of Reserva Ducke by Manaus high school students. Urban reserves or parks can be used in the education of city children, as they have easy access and entrance is usually cheap or free.*

te gratificantes tanto para pesquisadores quanto estudantes.

Os moradores urbanos frequentemente estão dispostos a fazer excursões para áreas de campo ao redor da cidade para investigar seus organismos favoritos e vários esquemas foram criados para aproveitar essa mão de obra dedicada. A Contagem de Pássaros do Natal (<http://birds.audubon.org/christmas-bird-count>) é realizada nos Estados Unidos desde 1900 e esquemas similares funcionam em outros países, como México e Austrália. Outros esquemas, tais como o Levantamento de Reprodução de Pássaros na Grã-Bretanha (<http://www.bto.org/volunteer-surveys/bbs>) e nos EUA (<http://www.pwrc.usgs.gov/bbs/>) fornecem dados em longo prazo e de larga escala que têm sido utiliza-

Alegre, and the city had a similar number of species of birds as comparable areas in tropical forest. Obviously, we do not want to lose rainforest birds, but in many parts of the globe we will have to be content with what we can conserve in urban areas.

Urban reserves, and reserves or forested areas on the periphery of cities (e.g. Eloy 2008), can be involved in the education of urban children. Even a single visit can be used throughout the year to explore ecology-related questions (Feinsinger *et al.* 2010). The objective is as much to give the children an emotional tie to the land as to convey facts. Aigner and Koehler (2010) describe a mix of programs associated with the McLaughlin Reserve “that seeks to understand and expand the limits of traditional modes of inquiry and expression such as science, art, writing, and spirituality” and concluded that “non-science groups have enriched our appreciation for the serpentine mosaic ecosystem by focusing on the interaction of human and natural forces in the evolution of the landscape, and by producing works that manipulate and enhance the emotional and aesthetic response that the landscape draws from its human occupants.” Although not a requirement, a RAPELD grid gives access to the area and facilitates teaching. We have been involved in “Young Scientist” programs of the Amazonas State Foundation for Research Support (FAPEAM) which gave small scholarships to local school children and teachers so that they could participate in studies undertaken in the Reserva Ducke RAPELD grid, and the results were extremely gratifying for both researchers and students.

Urban dwellers are often willing to make excursions into the surrounding country side to survey their favorite organisms, and

dos para avaliar tendências temporais e espaciais. Como os estudos científicos históricos (por exemplo, Liu *et al.* 2011), eles podem fornecer dados importantes indisponíveis a partir de outras fontes. Ainda que contenham problemas (Buckland *et al.* 2005, Nichols & Williams 2006), os dados fornecidos por estes cidadãos cientistas são muitas vezes tudo que nós temos para avaliar efeitos sobre a biodiversidade em escala nacional ou global, e podem até mesmo dar pistas sobre interações muito complexas entre espécies (por exemplo, Goffredo *et al.* 2010, Koenig *et al.* 2011). Essas pessoas são parte do que Hawken (2007) descreveu como “o maior movimento social na terra” e seus esforços não devem ser avaliados superficialmente.

As pesquisas dos cidadãos começaram com as aves, mas agora existem programas para sapos (por exemplo, <http://www.frogsaustralia.net.au/>), répteis (por exemplo, <http://www.narrs.org.uk/>), borboletas (por exemplo, http://www.biodiversityireland.ie/wp-content/uploads/Irish_butterfly_monitoring_scheme.pdf), libélulas (por exemplo, http://www.wildlife.state.nh.us/Wildlife/Nongame/dragonflies/NHDS_volunteer_materials.html), plantas (por exemplo, <http://www.minnesotawildflowers.info/page/volunteer/ramsey-county-plant-survey>), espécies invasoras (http://www.continentalforestdialogue.org/events/dialogue/2010-10-05/presentations/Tom_Channelli1.pdf) e muitos outros (por exemplo, Goffredo *et al.* 2010). **Espera-se que esses esforços se expandam no futuro à medida que os cidadãos individuais tornarem-se mais**

several schemes have been set up to take advantage of this dedicated manpower. The Christmas Bird Count (<http://birds.audubon.org/christmas-bird-count>) has been carried out in the United States since 1900, and similar schemes operate in other countries, such as Mexico and Australia. Other schemes, such as the Breeding Bird Survey in Britain (<http://www.bto.org/volunteer-surveys/bbs>) and the USA (<http://www.pwrc.usgs.gov/bbs/>) provide long-term, wide scale data that has been used to evaluate temporal and spatial trends. Like historical scientific directed studies (e.g. Liu *et al.* 2011), they can provide important data unavailable from other sources. Although not without problems (Buckland *et al.* 2005, Nichols and Williams 2006), the data provided by these citizen scientists is often all we have to evaluate country- or global-scale effects on



- *Técnico de campo identificando coletas vegetativas pela Flora da Reserva Ducke (Ribeiro et al. 1999).*
- *O conhecimento botânico depende de estudos intensivos para catalogar a biodiversidade, mas é importante que os taxônomos divulguem esse conhecimento na forma de guias de campo.*
- *Field technician identifying vegetative collections with the Flora of Reserva Ducke (Ribeiro et al. 1999).*
- *Botanical knowledge depends on intensive study to catalog biodiversity, but it is important that taxonomists disseminate this knowledge in the form of field guides.*

interessados em participar da ciência e da democracia.

Alguns veem o grande número de pessoas e os complexos serviços de tecnologia da informação necessários para lidar com repositórios de dados maciços como razões para abandonar tais atividades. No entanto, felizmente, onde alguns veem problemas, outros veem oportunidade e podemos esperar que mais decisões sejam tomadas no futuro com dados gerados por cidadãos interessados. Há problemas com esses dados relacionados às diferenças entre os observadores e à necessidade de se calcular a detectabilidade (Buckland *et al.* 2005). No entanto, um dos grandes problemas é que as pesquisas dos cidadãos são geralmente restritas a partes facilmente acessíveis da paisa-

diversity, and can even shed light on very complex species interactions (e.g. Goffredo *et al.* 2010, Koenig *et al.* 2011). These people are part of what Hawken (2007) described as “the largest social movement on earth”, and their efforts should not be taken lightly.

Citizen surveys started with birds, but there are now programs for frogs (e.g. <http://www.frogsaustralia.net.au/>), reptiles (e.g. <http://www.narrs.org.uk/>), butterflies (e.g. http://www.biodiversityireland.ie/wp-content/uploads/Irish_butterfly_monitoring_scheme.pdf), dragonflies (e.g. http://www.wildlife.state.nh.us/Wildlife/Nongame/dragonflies/NHDS_volunteer_materials.html), plants (e.g. <http://www.minnesotawildflowers.info/page/volunteer/ramsey-county-plant-survey>), invasive species (<http://www.continentalforestdialogue.org/events/dialogue/2010-10-05/presentations/>



● Prático e técnico de campo durante expedição para a Serra do Tapirapecó, Amazonas. O contato próximo com pesquisadores e alunos de pós-graduação contribui muito para aproximar cidadãos do processo científico e da democracia no Brasil.

● Boat pilot and field technician during na expedition to Serra do Tapirapecó, State of Amazonas. Close contact with researchers and graduate students contributes greatly to connect the individual citizens to the scientific process and democracy in Brazil.

gem e quando as pessoas adentram em áreas selvagens, normalmente usam trilhas que foram colocadas para facilitar caminhadas ao invés de representar a paisagem. A infraestrutura RAPELD não pode resolver todos esses problemas, mas, se os cidadãos estiverem interessados, porque não lhes dar a infraestrutura para que eles possam amostrar de forma isenta, pelo menos em alguns lugares? Dados gerados lá pelos cidadãos e por biólogos treinados podem ser usados para calibrar os resultados de outras áreas. Amostragem tendenciosa não é necessariamente um problema, desde que você possa quantificar o viés (Krebs 2010).

Agricultores e Pecuaristas

A maioria do mundo não será incluída em unidades de conservação, por isso é importante que as reservas estejam integradas às práticas de conservação em uma escala maior na paisagem (Gardner 2010). A agricultura é sem dúvida a maior ameaça para a conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais (por exemplo, Eikhout *et al.* 2006, Matson & Vitousek 2006, Ewes *et al.* 2009, Galford *et al.* 2011), e é a atividade humana que mais afeta a maior parte da superfície da terra (Pimm 2001). No entanto, muitos dos ecossistemas que consideramos “naturais” são feitos por humanos e a biodiversidade pode diminuir se os humanos forem abruptamente removidos do sistema (por exemplo, Bugalho *et al.* 2011). **Agricultores e pecuaristas devem estar envolvidos na conservação para que**

Tom_Chanelli1.pdf), and many others (e.g. Goffredo *et al.* 2010). **Such efforts can be expected to expand in the future as individual citizens become more interested in participating in science and democracy.**

Some see the huge number of people and the complex information-technology services necessary to deal with massive data repositories as reasons to abandon such activities. However, thankfully, where some see problems, others see opportunity, and we can expect more decisions to be made with data generated by concerned citizens in the future. There are issues with such data related to differences between observers and the necessity to calculate detectability (Buckland *et al.* 2005). However, one of the major problems is that citizen surveys are usually restricted to easily accessible parts of the landscape, and when people penetrate into wild areas they usually use trails that were placed for ease of walking rather than to represent the landscape. RAPELD infrastructure cannot solve all these problems, but, if citizens are interested, why not give them the infrastructure so that they can survey in an unbiased fashion in at least some places? Data generated there by citizens and trained biologists can be used to calibrate results from other areas. Biased sampling is not necessarily a problem as long as you can quantify that bias (Krebs 2010).

Farmers and Ranchers

Most of the world will not be included in strict conservation units, so it is important that reserves are integrated within conservation practices in the larger landscape (Gardner 2010). Agriculture is arguably the greatest

seja bem sucedida. Portanto, um esquema de monitoramento da biodiversidade deve ser exequível, pelo menos em parte, em ambientes fortemente modificados e antropogênicos.

As comunidades rurais estão começando a se organizar e, em muitos casos, a realizar seus próprios estudos (Curtin 2010). Eles tendem a estar interessados em escalas de gestão que são maiores que as de pesquisadores acadêmicos porque eles têm considerações econômicas e requisitos legais que normalmente não se aplicam a porções muito pequenas de terra. Organizações governamentais e conservacionistas urbanos muitas vezes têm outras prioridades, mas “o desejo de conservar o lugar em si tem sido fundamental para quebrar as barreiras culturais entre a comunidade local de usuários de recursos, gestores de recursos, organizações ambientalistas e cientistas” (Curtin 2010). A avaliação das mudanças na biodiversidade na paisagem é muitas vezes crítica para a gestão adaptativa (no sentido original de Holling [1978] ao invés daquele usado pela maioria dos pesquisadores atuais). No entanto, o ganho de conhecimento não está sempre associado a mudanças de comportamento (Jordan *et al.* 2011). O RAPELD tem sido utilizado em áreas agrícolas em São Paulo (<http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/treslagoas>) e áreas de produção animal no Pantanal (<http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/pirizal>), e pode ser útil para estudar outras configurações porque **permite comparações com outras áreas que são necessárias para mostrar a singularidade**

threat to biodiversity conservation and ecosystem services (e.g. Eikhout *et al.* 2006, Matson and Vitousek 2006, Ewes *et al.* 2009, Galford *et al.* 2011), and it is human activity that most affects the largest part the earth’s surface (Pimm 2001). However, many of the ecosystems that we consider “natural” are human made, and biodiversity could decline if humans are abruptly removed from the system (e.g. Bugalho *et al.* 2011). **Farmers and ranchers must be involved in conservation if it is to be successful.** Therefore, a biodiversity-monitoring scheme should be feasible, at least in part, in strongly modified anthropogenic environments.

Rural communities are starting to organize, and in many cases carry out their own studies (Curtin 2010). They tend to be interested in scales of management that are larger than those of academic researchers because they have economic considerations and legal requirements that usually do not apply to very small patches of land. Government organizations and city-dwelling conservationists often have other priorities, but “a desire to conserve the place itself has been instrumental in breaking down cultural barriers among the local community of resource users, resource managers, environmental organizations, and scientists” (Curtin 2010). Evaluation of changes in biodiversity across the landscape is often critical for adaptive management (in the original sense of Holling [1978] rather than the way most biologists use the term). However, knowledge gain is not always associated with changes in behavior (Jordan *et al.* 2011). RAPELD has been used in agricultural areas in São Paulo (<http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/treslagoas>) and livestock-production areas in the Pantanal

dos lugares que a população local deseja conservar.

Às vezes se alega que pesquisas ecológicas de longa duração não podem ser realizadas em áreas fortemente afetadas por atividades humanas, mas isso reflete uma compreensão pobre da história da Terra. Todos os locais estão passando, e sempre estiveram passando, por mudanças contínuas. A diferença é apenas na taxa de mudança. Não há contradição em ter sítios PELD em áreas onde a mudança da vegetação é esperada e a marcação de organismos para

(<http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/pirizal>), and it may be useful to study other such settings because **it allows comparisons with other areas that are necessary to show the uniqueness of the places that local people want to conserve.**

It is sometimes alleged that long-term ecological research cannot be undertaken in areas strongly affected by human activities, but this reflects a poor understanding of earth history. All sites are undergoing, and always have been undergoing, continual change. The difference is only in the rate of change. There is no contradiction in having LTER sites



- *Gado em Apuí, no sul do Amazonas. De acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o município de Apuí vem se tornando um dos maiores desmatadores do Amazonas. A evolução do desmatamento tem como principais causas a falta de alternativas para atividades sustentáveis, grilagem de terras, burocracia, lentidão para licenciamento de planos de manejo e expansão inadequada da pecuária.*
- *Cattle in Apuí, southern Amazonas. According to data from the National Institute for Space Research (INPE), the municipality of Apuí has become one of the largest Amazon deforesters. The main causes responsible for the evolution of deforestation are the lack of alternative sustainable activities, land grabbing, bureaucracy, slowness to licence management plans and inadequate expansion of cattle ranching.*

estudos de longo prazo é improdutivo. Talvez mais ênfase deva ser colocada em trilhas e parcelas virtuais, mas os mesmos princípios se aplicam.

Comunidades de subsistência

Não há distinção clara entre este grupo e o último, pois quase não restam comunidades que não têm ligações econômicas com o mundo exterior e as pessoas na maioria das comunidades de subsistência estão ativamente em busca de mercadorias que só podem

in areas where vegetation change is expected and marking organisms for long-term studies is unproductive. Perhaps more emphasis should be placed on virtual trails and plots, but the same principles apply.

Subsistence communities

There is no clear distinction between this group and the last because there are almost no communities left that do not have economic connections to the outside world, and people in most subsistence communities are actively striving for goods that can only be obtained with money. However, such communities can be characterized as having members that do not have the education to be competitive if they migrate to cities, but who retain traditional knowledge about biodiversity that allows them to see the natural world much more clearly than those who were raised with little connection to the land. Local communities often have a strong sense of place that influences how they see and utilize the landscape (e.g. Ulloa *et al.* 2004, Read *et al.* 2010, Elbroch *et al.* 2011). A large part of the conserved land in Brazil is devoted to sustainable-use conservation units, with human communities and extractive activities within the reserve, and this tendency is increasing world wide as governments face the reality that there are virtually no “natural” areas in the sense of being without human presence in the recent past.

The dedication in Feinsinger’s (2001) book expresses the importance of local knowledge – “To the memory of Archie Carr (1909-87), who reminded us gently that common sense and a knowledge of natural history are far more potent conservation tools than anything labeled with an acronym.” In



● *Comunidade ribeirinha na região de Barcelos, médio Rio Negro. A criação de unidades de conservação de uso sustentável está aumentando no mundo todo, representando oportunidades únicas de conciliar a conservação dos recursos naturais com o desenvolvimento da sociedade.*

● *Riverside community in the region of Barcelos, middle Rio Negro. The creation of protected areas for sustainable use is increasing worldwide, representing unique opportunities to reconcile the conservation of natural resources with the development of society.*

ser obtidas com dinheiro. No entanto, essas comunidades podem ser caracterizadas como tendo membros que não têm a educação para ser competitivos se migrarem para as cidades, mas que retêm o conhecimento tradicional sobre a biodiversidade que lhes permite ver o mundo natural muito mais claramente do que aqueles que foram criados com pouca ligação com a terra. Comunidades locais muitas vezes têm um forte senso de lugar que influencia a forma como eles veem e utilizam a paisagem (por exemplo, Ulloa *et al.* 2004, Read *et al.* 2010, Elbroch *et al.* 2011). Uma grande parte da área conservada no Brasil é dedicada a unidades de conservação de uso sustentável, com comunidades humanas e atividades extrativistas dentro da reserva, e essa tendência está aumentando no mundo inteiro à medida que os governos aceitam a realidade de que praticamente não há áreas “naturais” no sentido de terem estado sem a presença humana no passado recente.

A dedicatória no livro de Feinsinger (2001) expressa a importância do conhecimento local - “À memória de Archie Carr (1909-1987), que nos lembrou suavemente que o senso comum e um conhecimento da história natural são ferramentas de conservação muito mais potentes do que qualquer coisa etiquetada com uma sigla”. Em muitos casos, comunidades tradicionais, em grande parte de subsistência, podem realizar suas próprias investigações científicas com um suporte mínimo ou infraestrutura fornecida por organizações externas. “Levantando e respondendo às suas próprias questões de investigação, es-



- *Alunos do ensino médio conhecendo espécies da flora local na Reserva Ducke durante a Semana de Ciência e Tecnologia. Quanto mais cedo e mais frequente for o contato com a natureza, mais fácil é educar as crianças sobre a existência e a função das espécies.*
- *High school students getting used to the local flora species in Reserva Ducke during the Week of Science and Technology. The earlier and more frequent is the contact with nature, the easier it is to educate children about the existence and function of species.*

many cases, traditional, largely subsistence, communities can carry out their own scientific inquiries with minimal support or infrastructure provided by outside organizations. “By posing and answering their own research questions, schoolchildren, subsistence farmers and fishermen, park rangers, and many others are learning much they didn’t know before, gaining their critical thinking skills, and in some cases applying lessons learned from their investigations to better manage and conserve their surroundings” (Feinsinger *et al.* 2010). We have seen many cases where international conservation organizations have descended on local communities, sold adaptive management, and then claimed that it was the local people and not themselves that were incompetent because

tudantes do ensino médio, agricultores de subsistência, pescadores, guardas florestais e muitos outros estão aprendendo muito sobre o que não sabiam antes, ganhando suas habilidades de pensamento crítico e, em alguns casos, aplicando as lições aprendidas a partir de suas investigações para melhor gerir e conservar seus territórios” (Feinsinger *et al.* 2010). Temos visto muitos casos em que as organizações internacionais de conservação chegaram às comunidades locais, venderam uma gestão adaptativa e depois alegaram que foi a população local e não eles próprios que foram incompetentes porque não houve monitoramento eficaz depois que eles se ausentaram. Contudo, em muitos casos, **as comunidades locais estão interessadas em educar seus filhos sobre os usos modernos de biodiversidade**, para que possam tirar proveito de seu conhecimento único e entrar na economia sem ter que se tornar trabalhadores de escritório ou adotar a agricultura em larga escala. Neste caso, mesmo que eles não tenham uma questão pré-definida, a infraestrutura de campo que lhes permite usar as técnicas tradicionais e modernas em conjunto (por exemplo, Braschler *et al.* 2010), como participar de pesquisas de biodiversidade nas grades e módulos RAPELD, pode ajudá-los a alcançar seus objetivos.

A conjugação do conhecimento tradicional e da ciência moderna não é simples (Feinsinger 2001, Ulloa *et al.* 2004, Silvius 2004, Davis & Ruddle 2010, Gardner 2010), pois a ciência moderna é altamente capitalista e dá pouco valor às



- As moscas são insetos dípteros pertencentes à subordem Brachycera, diferindo dos mosquitos. A maioria das espécies de moscas alimenta-se de detritos e a grande capacidade de locomoção leva a mosca a ser um vetor de muitas doenças.
- Flies are insects belonging to the suborder Brachycera, differing from mosquitoes. Most species of flies feed on detritus and their large locomotion capacity makes the fly a vector of many diseases.

no effective monitoring was undertaken after they moved on. However, in many cases, **local communities are interested in educating their children about modern uses of biodiversity** so that they can take advantage of their unique knowledge and enter into the wider economy without having to become office workers or adopt large-scale agriculture. In this case, even though they do not have a well defined assembly-line question, field infrastructure that allows them to use both traditional and modern techniques in conjunction (e.g. Braschler *et al.* 2010), and biodiversity surveys in RAPELD grids and modules may help them meet their objectives.

Conjugation of traditional knowledge and modern science is not simple (Feinsinger 2001, Ulloa *et al.* 2004, Silvius 2004, Davis and Ruddle 2010, Gardner 2010), because modern science is highly capitalistic and

pessoas ou à terra, algo que é incompreensível para uma rede de comunidades que depende de suas relações com a terra para sobreviver. Graeme Caughley (2004) comentou esse fato poeticamente perto do final de seu livro. “Às vezes a melhor gestão pode ser não gerir nada. As atividades de gestão podem, eventualmente, entrar em conflito com os valores intangíveis de que uma população provém, a tal ponto em que elas são contraproduativas. Na comunidade que me criou, um cervo vermelho com 1 m de chifre era um prêmio maior do que uma tonelada de carne, e um cervo cujos chifres medidos tinham mais que isso fora um troféu sem valor. Um gestor da fauna suficientemente hábil e cego poderia descer sobre aquela comunidade ... e moldar essa manada de cervos para produzir animais grandes com frequência notável. Ele não seria agradecido. Naquele *ethos*, um cervo grande nasce das montanhas e da chuva, não é uma coisa fabricada. Ele deve ser digno de sua própria morte”. Muitos biólogos urbanos “descobriram” que as pessoas locais são um vasto estoque de conhecimento biológico e dedicam suas vidas a tentar extraí-lo. Há mesmo disciplinas inteiras, como a Etnobiologia, dedicadas a isto. Entretanto, em um mundo onde os estudos visando a obtenção de patentes para novos medicamentos recebem um apoio ordens de magnitude maiores do que estudos ecológicos dedicados à manutenção de serviços ambientais básicos que nos mantêm vivos, a informação pode ser transformada em dinheiro.

Houve muitas iniciativas para garantir o pagamento adequado das populações

gives little value to people or the land, something that is incomprehensible to close knit communities who depend on their relationships with the land to survive. Graeme Caughley (2004) put this poetically near the end of his book. “Occasionally the best management may be no management at all. Management activities can sometimes conflict with the intangible values that a population provides, to the extent that they



- *Pesquisadores e alunos processando coletas botânicas no Parque Nacional do Viruá. O conhecimento etnobotânico potencialmente pode ser transformado em dinheiro, mas a relação entre os detentores do conhecimento tradicional e representantes da sociedade capitalista moderna pode ser problemática.*
- *Researchers and students processing botanical collections in Viruá National Park. The ethnobotanical knowledge potentially can be turned into money, but the relationship between the holders of traditional knowledge and representatives of the modern capitalist society can be problematic.*

locais pelo conhecimento tradicional e, provavelmente, nenhum país foi mais longe por este caminho do que o Brasil. Porém, em vez de aumentar a quantidade de dinheiro canalizado para as comunidades tradicionais, isso basicamente levou à estagnação da pesquisa biológica no Brasil (Antonelli & Rodriguez 2009). O que parecia simples e justo era extremamente difícil de ser aplicado no mundo real. A visão idealizada das pessoas da cidade da ampla existência de comunidades indígenas isoladas, cada uma com seu próprio conhecimento tradicional, não existia. As pessoas têm compartilhado o conhecimento tradicional por milhares de anos e, em muitos aspectos, os sistemas de comunicação e meios de transporte no Novo Mundo eram superiores aos da Europa na época da colonização europeia (Mann 2005). **Se o conhecimento é tradicional para centenas de comunidades, como se compartilha justamente os benefícios?** Mudanças nas regras reduziram a burocracia, e estudos biológicos no Brasil estão começando novamente, mas as sociedades tradicionais continuam vulneráveis.

Comunidades tradicionais são orgulhosas de seu conhecimento e querem que as pessoas saibam sobre ele. A sociedade moderna está faminta por novas drogas. Parece uma situação promissora, mas não é necessariamente assim. Uma pessoa em uma comunidade tradicional no Brasil conta a um etnobotânico que uma planta com o nome local "X" é útil para curar verrugas e o pesquisador publica essa informação. Um linguista publica uma



- *A vacina do sapo é uma prática antiga com fins medicinais muito difundida entre os povos indígenas do Brasil e do Peru. A "medicação", conhecida como Kambô, consiste em uma secreção cutânea retirada do sapo Phyllomedusa bicolor. As populações indígenas da floresta Amazônica a consideram como um remédio para muitos males.*
- *The frog's 'vaccine' is an ancient medicinal practice widespread among the indigenous peoples of Brazil and Peru. The "medication", known as Kambô, consists of the skin secretion of the Giant leaf frog, Phyllomedusa bicolor. The indigenous people of the Amazon rainforest consider to be a remedy for many ills.*

are counter-productive. In the community that raised me, a red deer with 40 inches of antler was a greater prize than a ton of meat; and a stag whose antlers measured 45 inches was a trophy beyond price. A wildlife manager sufficiently skilled and sufficiently blind could descend on that community ... and shape that herd of deer to produce large stags with notable frequency. He would not be thanked. In that *ethos* a great stag is born of the mountains and the rain, it is not a manufactured thing. It must be worthy of its own death." Many urban biologists have "discovered" that local people are a vast store of biological knowledge and devote their lives to trying to extract it. There are even whole

lista de nomes locais, juntamente com nomes científicos que mostram que “X” tem o nome científico de “Y.y”. Uma empresa farmacêutica dos EUA elabora um contrato com um proprietário de terras privadas no Peru para extrair e estudar medicamentos de “Y.y” em sua terra. Todo mundo parecia estar agindo de forma responsável, mas não houve retorno econômico para a comunidade original. E se a pessoa na comunidade tradicional tivesse obtido a informação de sua tia que vive a 500 quilômetros de distância? É extremamente difícil proteger o conhecimento tradicional apenas com as leis, e nós acreditamos que a capacitação das populações locais pode fazer muito mais para protegê-lo do que as leis nacionais. Na verdade, não é raro que os pedidos por uma repartição mais justa dos lucros não sejam mais do que tentativas veladas por parte do governo para usar a bioprospecção para financiar a ciência e aliviá-lo assim da sua responsabilidade de financiar as pesquisas (Beattie *et al.* 2011).

A capacitação tende a obter pouca atenção em muitos casos de suposta “gestão adaptativa” com objetivos restritos (Gardner 2010). Algumas comunidades locais tradicionais, como os Baniwa em São Gabriel da Cachoeira, veem a infraestrutura RAPELD como uma ferramenta útil para a capacitação de seus filhos, e estão dispostas a esperar as décadas necessárias para ver os resultados, mas os grupos sob a influência dos defensores de estudos altamente direcionados que “sabem” quais são as perguntas e que têm uma receita de linha de produção para obter os resultados,

disciplines, such as ethnobiology, devoted to it. However, in a world where studies aimed at obtaining patents for new drugs receive orders of magnitude more support than ecological studies aimed at maintaining the basic environmental services that keep us alive, information can be turned into money.

There have been many initiatives to ensure proper payment of local people for their traditional knowledge, and probably no country went further down this track than Brazil. However, rather than increasing the amount of money channeled into traditional communities, it basically resulted in the stagnation of biological research in Brazil (Antonelli and Rodriguez 2009). What had seemed simple and just was extremely difficult to apply in the real world. The city-dwellers’ ideal of isolated native communities, each with its own traditional knowledge, did not exist. People have been sharing traditional knowledge for thousands of years, and in many ways the communications systems and transport facilities in the New World were superior to those in Europe at the time of European colonization (Mann 2005). **If the knowledge was traditional for hundreds of communities, how do you justly share the benefits?**

Changes to rules have reduced the bureaucracy, and biological studies in Brazil are starting up again, but traditional societies remain vulnerable.

Traditional communities are proud of their knowledge and want people to know about it. Modern society is hungry for new drugs. It looks like a win-win situation, but it is not necessarily so. A person in a traditional community in Brazil tells an ethnobotanist that a plant with local name “X” is useful to cure warts and the researcher publishes that



- *O cogumelo Entoloma azureoviride no Parque Nacional do Viruá. Ampliar o conhecimento dos fungos no Brasil depende fundamentalmente de investimentos na qualificação de pesquisadores.*
- *The toadstool Entoloma azureoviride in Viruá National Park. The expansion of mycological knowledge in Brazil depends crucially on investments in the qualification of researchers.*

deveriam procurar ferramentas alternativas. A instalação de infraestrutura de campo para apenas algumas perguntas muito específicas e para só alguns pesquisadores raramente é um uso eficiente de recursos escassos.

A simples instalação de infraestrutura RAPELD não vai atender às necessidades das comunidades tradicionais que querem participar da capacitação de seus filhos. Um programa maior, tal como o PPBio, é necessário. Isto incluirá cursos sobre temas específicos de interesse para a população local, a interação com as escolas para melhorar os seus currí-

information. A linguist publishes a list of local names together with scientific names showing that “X” has the scientific name “Y.y”. A US drug company drafts a contract with a private land owner in Peru to extract and study drugs from “Y.y” on his land. Everybody appeared to be acting responsibly, but no economic value flows back to the original community. And if the person in the traditional community had obtained the information from her aunt who lives 500 km away? It is extremely difficult to protect traditional knowledge only with laws, and we believe that capacity building of local people may do much more to protect them than national laws. In fact, often claims for more equitable division of profits are no more than thinly veiled attempts by government to use bioprospecting to finance science and relieve them of their responsibility to do so (Beattie *et al.* 2011).

Capacity building tends to get short shrift in many cases of purported “adaptive management” with narrow objectives (Gardner 2010). Some local traditional communities, such as the Baniwa in São Gabriel da Cachoeira, see RAPELD infrastructure as a useful tool for capacity building of their children, and are willing to wait the decades it will take to see results, but groups under the influence of MMS advocates who “know” what the questions are, and who have a production-line recipe to obtain the results, would be better off looking for alternative tools. Installation of field infrastructure for only very specific questions and a few researchers is rarely an efficient use of scarce resources.

Simply installing RAPELD infrastructure will not attend to the needs of traditional communities wanting to engage in capacity building for their children. A larger program, such as the PPBio, is necessary. This will

culos, e a garantia de que as instalações de apoio, tais como museus e herbários, estão disponíveis. Um dos principais objetivos deve ser o de fornecer guias de campo úteis para identificar táxons de interesse para as pessoas locais, em sua própria língua, com introduções gerais que dão às crianças um panorama sobre a biologia geral e usos econômicos desses organismos (veja exemplos em <http://ppbio.inpa.gov.br/guias>).

Visão Geral

Foram considerados apenas alguns dos principais interessados em biodiversidade. Você pode ter ouvido que o monitoramento da biodiversidade pode ajudar a tomar decisões sobre a terra para a qual você é responsável e quer tentar (monitoramento para monitorar simplesmente). Você pode realizar pesquisas sobre um tópico específico que interessa a você e quer continuar com a menor mudança possível (mais do mesmo sistema), ou você pode querer realizar estudos normativos extremamente dirigidos e acredita que o proverbial “alguém” será capaz de integrar seus dados com os de outros para tomar decisões em escalas mais amplas (megaciência irracional). Talvez o seu foco não seja tanto sobre os resultados científicos quanto sobre os aspectos sociais e você está interessado no ensino público ou em envolver a população local com estudos de biodiversidade. Pode ser que você seja um representante de um governo nacional que precisa apoiar todos estes aspectos o mais economicamente possível devi-

include courses on specific topics of interest to the local people, interaction with schools to improve their curricula, and ensuring that support facilities, such as museums and herbaria, are available. One of the main objectives should be to provide usable field guides for taxa of interest to the local people in their own language, and that have general introductions, which give the children a look into the general biology and economic uses of those organisms (see examples in <http://ppbio.inpa.gov.br/guias>).

Overview

We have considered just a few of the major stakeholders in biodiversity. You may have heard that monitoring biodiversity can help you make decisions about the land for which you are responsible and want to try it (monitoring for monitoring’s sake). You may conduct research on a specific topic that interests you and want to continue with as little change as possible (much more of the same), or you may want to undertake extremely directed normative studies and believe that the proverbial “someone” will be able to integrate your data with those of others to make decisions at wider scales (mindless megascience). Perhaps your focus is not as much on the scientific results as on the social aspects, and you are interested in public education or involving local people with biodiversity studies. It may be that you are a representative of a national government who needs to support all of these aspects as economically as possible because of international obligations under the Convention on Biological Diversity. People in all of these categories have contributed to, and continue to contribute to, our understanding of biodiversity.



● Os lagartos do gênero *Cnemidophorus* ainda não são bem conhecidos na Amazônia. As espécies ocupam ambientes de vegetação aberta, de modo que a alteração da paisagem pelo homem têm ampliado suas distribuições. Não ocorriam naturalmente na Reserva Ducke, mas a abertura de estradas levou uma espécie a ocupar as áreas abertas em volta da reserva.

● The distributions of lizards of the genus *Cnemidophorus* are not well known in the Amazon. The species inhabit open vegetation environments, and the human-driven landscape transformations have expanded their distributions. The genus did not occur naturally in Reserva Ducke, but the opening of roads led to a species occupying the open areas around the reserve.

do a obrigações internacionais no âmbito da Convenção sobre Diversidade Biológica. As pessoas em todas essas categorias têm contribuído, e continuam a contribuir, para a nossa compreensão da biodiversidade.

Sem tentar avaliar os méritos relativos das abordagens mencionadas no parágrafo anterior, o que acreditamos que tornou-se um exercício acadêmico bastante inútil, nós simplesmente sugerimos que você dê uma olhada na infraestrutura e filosofia RAPELD para determinar se elas podem facilitar e complementar as suas atividades de tal

Without trying to evaluate the relative merits of the approaches mentioned in the previous paragraph, which we believe has become a rather useless academic exercise, we simply suggest that you take a look at RAPELD infrastructure and philosophy to determine whether it may facilitate and complement your activities in such a way as to increase their value to a pluralistic democracy. Perhaps it would be most economical to start your activities somewhere with existing RAPELD infrastructure so as to better plan the subsequent steps. **RAPELD is not a recipe; it is a tool for producing science that is at least minimally**

modo que aumentem o seu valor para uma democracia pluralista. Talvez seja mais econômico iniciar suas atividades em algum lugar com infraestrutura RAPELD existente para planejar melhor as etapas subsequentes. **O RAPELD não é uma receita, é uma ferramenta para a produção de ciência que é, ao menos minimamente, integrada em algumas escalas de interesse para muitos gestores da terra e políticos tomadores de decisão.** Se isso o torna uma empreitada científica ou social depende do seu ponto de vista, mas acreditamos que tentar separar estes dois aspectos é um exercício sem sentido e enganador. Todos têm algo a contribuir e um sistema efetivo deve permitir a integração de todas essas contribuições. ■

integrated at a few scales of interest to many land managers and political decision makers.

Whether that makes it more a scientific or a social undertaking depends on your point of view, but we believe that trying to separate these two aspects is a meaningless and misleading exercise. Everyone has something to contribute, and an effective system should allow integration of all those contributions. ■

SAIBA MAIS READ MORE

- **Treinamento e Capacitação**
<http://ppbio.inpa.gov.br/treinamento>
- **INCT-CENBAM**
<http://ppbio.inpa.gov.br/cenbam/inicio>



Gerenciamento de Dados

A maior parte dos dados coletados está escondida em gavetas de escritórios e irá definir lá até que o pesquisador morra e a pessoa que herdar o local os jogar fora. É seguro dizer que a maioria dos dados coletados com dinheiro proveniente de impostos pagos pelos contribuintes nunca vê a luz do dia e, mesmo quando sistemas de gerenciamento de dados estão disponíveis, geralmente não são utilizados (Lynch 2008, Nelson 2009, Ellison 2010, Huang & Qiao 2011). É literalmente correto dizer que os dados disponibilizados na internet são muito valiosos. Considerando os bilhões de dólares que são gastos em pesquisas a cada ano e o fato de que apenas uma quantidade infinitesimal dos dados gerados é tornada pública, cada registro em um banco de dados público pode representar um

Data Management

Most data are hidden in office drawers and languish there until the researcher dies and the person who inherits the office throws them out. It is safe to say that most of the data paid for by tax payers never sees the light of day, and even when data-management systems are available they generally are not used (Lynch 2008, Nelson 2009, Ellison 2010, Huang and Qiao 2011). It is literally correct to say that data made available on the internet are very valuable. Considering the billions of dollars that are spent on research each year, and the fact that only an infinitesimal amount of the data generated is ever made public, each number in a public database may represent an average investment of hundreds of thousands or millions of dollars.

investimento médio de centenas de milhares ou milhões de dólares. Mesmo programas de pesquisa muito produtivos academicamente, tais como os estudos de Kenneth Armitage sobre a dinâmica da marmota de barriga amarela, têm explorado muito pouco os dados: “Até agora, apenas uma fração de todos os dados coletados ao longo de 40 anos de estudos foi analisada” (Armitage 2010).

A revolução da tecnologia da informação tem levado muitos a “descobrir” o potencial de armazenamento e recuperação de dados científicos. Bancos de dados públicos, como o GENBANK, revolucionaram a ciência colaborativa (Jones *et al.* 2006). No entanto, essas bases de dados estão essencialmente focadas em processos e não em locais determinados. É muito mais difícil fazer a gestão de dados para um sistema, como o RAPELD, que

Even academically very productive research programs, such as Kenneth Armitage’s studies of the dynamics of yellow bellied marmots, have exploited very little of the data: “As yet, only a fraction of all the data collected over 40 years of study has been analyzed” (Armitage 2010).

The information technology revolution has led many to “discover” the potential for storing and retrieval of scientific data. Public data bases, such as GENBANK, have revolutionized collaborative science (Jones *et al.* 2006). However, those data bases are essentially process- rather than place-based. It is much harder to design data management for a system, such as RAPELD, which is strongly place based (Billick 2010). Although there are many biodiversity-data management initiatives based on museum collections (Drew 2011), such as GBIF and *speciesLink* network, most of the data on the distribution of biodiversity lies outside museum collections (Huang and Qiao 2011). Most focus has been on development of database manipulation software and web access, and we naively assumed that the problems were essentially technical, and that the proverbial “someone” must have already solved all the problems. We could not have been more wrong. **Data management is about communication, and communication is one of the most complex things that humans do.** As a species, we have invented among other things, art, music, literature, cinema, and the internet to communicate. That is, communication is highly complicated, emotional and prone to misunderstanding (Zimmerman 2008). Data management is generally an afterthought (e.g. Lindenmayer and Likens 2010). However, as in all aspects of human endeavor, communication is the pillar on which everything else stands.



- *Scleroderma minutisporum* é uma nova espécie de fungo gasteróide descrita recentemente a partir de material coletado na Reserva Ducke.
- *Scleroderma minutisporum* is a new species of gasteroid fungus described recently from material collected at Reserva Ducke.

é fortemente orientado espacialmente (Billick 2010). Embora existam inúmeras iniciativas em gerenciamento de dados de biodiversidade baseadas em coleções de museus (Drew 2011), como o GBIF e a rede *speciesLink*, a maioria dos dados sobre a distribuição da biodiversidade permanece fora dessas coleções (Huang & Qiao 2011). A maior parte do foco tem sido no desenvolvimento de ferramentas de manipulação de bases de dados e de acesso pela web, e nós assumimos de forma ingênua que os problemas eram essencialmente técnicos e que “alguém” já deveria ter resolvido todos eles. Nós não poderíamos estar mais errados.

Gerenciamento de dados tem a ver com comunicação, e comunicação é uma das coisas mais complexas que os seres humanos fazem. Como espécie, entre outras coisas, inventamos arte, música, literatura, cinema e internet para nos comunicarmos. Ou seja, a comunicação é altamente complexa, emocional e propensa a mal-entendidos (Zimmerman 2008). O gerenciamento de dados é geralmente levado em conta como uma reflexão tardia (por exemplo, Lindenmayer & Likens 2010). Porém, como em todos os aspectos da atividade humana, é o pilar sobre o qual todo o resto se sustenta.

O gerenciamento de dados está relacionado essencialmente a cinco perguntas: Quem vai armazenar? O que armazenar? Onde armazenar? Como armazenar e recuperar? A quem deveria estar disponível? Estas questões não são independentes, mas representam uma forma de segmentar um problema complexo. Existem camadas complexas



- *A comunicação é um aspecto fundamental da ciência. Para ter êxito é preciso ter organização e coerência em todas as etapas do trabalho, desde o campo até a publicação de artigos e a comunicação aos tomadores de decisão.*
- *Communication is a fundamental aspect of science. To succeed one must have organization and consistency in all stages of the work, from the field activities to the publication of papers and communication to decision makers.*

Data management is about five questions: Who will store it? What to store? Where to store it? How to store and retrieve it? To whom should it be available? Those questions are not independent, but they represent one way of segmenting a complex problem. There are complex layers of hardware and software behind each question, but here we will deal with the problem from the point of view of a biologist or science administrator rather than a computer scientist. Technology is advancing so fast that today’s answers were not only unavailable when we started to think about these things 10 years ago, they were unimaginable! Typing “unimaginable” into the

de hardware e software por trás de cada pergunta, mas aqui vamos lidar com o problema do ponto de vista de um biólogo ou de um gestor de projetos ao invés de um cientista da computação. A tecnologia está avançando tão rápido que as respostas de hoje não só estavam indisponíveis quando começamos a pensar sobre esse assunto há 10 anos, mas elas eram inimagináveis! Digitando “inimaginável” no Google em maio 2011 mais de sete milhões de respostas retornaram em menos de 0,05 segundos. Isso era realmente inimaginável em 2001.

O que armazenar?

Pesquisas espacialmente orientadas resultam em muitos tipos de dados, tais como planos de pesquisa, mapas, medições, publicações científicas, fotografias e informações sobre coleções biológicas, cada um com requisitos de armazenamento e de acesso diferentes (Billick 2010). Espaço não é mais a principal limitação. Se você não incluir dados provenientes de dispositivos de gravação automática, que podem lhe inundar com dados (Baraniuk 2011), a produção de dados durante a vida inteira de centenas de pesquisadores pode ser armazenada em um só dispositivo portátil, como um ‘HD externo’. A capacidade de armazenamento está crescendo exponencialmente e materiais volumosos, como gravações sonoras e filmes, podem ser armazenados e disponibilizados para download. Algumas dessas informações podem ser de interesse sobretudo para os participantes locais, mas muitas serão utilizadas por



- *O sapo Atelopus barbotini. Mesmo que os interesses dos pesquisadores sejam variados, informações sobre o espaço (localização geográfica) e o tempo (quando a observação foi feita) permitem a integração dos atributos dos dados.*
- *The frog Atelopus barbotini. Even if researchers interests are varied, information about space (geographic position) and time (when the observation was made) enable the integration of data attributes.*

Google search engine in May 2011 returned over seven million hits in less than 0.05 seconds. That was truly unimaginable in 2001.

What to store?

Place-based research results in many types of data, such as research plans, maps, measurements, scientific publications, photographs and information on biological collections, each with different storage and access requirements (Billick 2010). Space is no longer the major limitation. If you do not include data from automatic recording devices, which can deluge you with data (Baraniuk 2011), the lifetime output of data from hundreds of researchers can be stored on a single USB thumb drive. Storage capacity is increasing exponentially, and voluminous material, such as sound recordings and films, can be stored and made available for download. Some of this information may be mainly of interest to local participants, but much will be used by

pesquisadores de outras localidades para avaliar a possibilidade de realizar análises integradas. **Pesquisadores muitas vezes têm interesses taxonômicos ou ecossistêmicos específicos, mas as chaves primárias que ligam todos esses atributos estão relacionadas ao espaço (localização geográfica) e ao tempo (quando a observação foi feita).**

Atualmente, os dados estão disponíveis em muitas fontes públicas e subconjuntos que se referem a sítios de estudos específicos podem ser disponibilizados no site do projeto (Billick 2010). Por exemplo, Juliana Schietti resumiu dados provenientes das estações meteorológicas da região de influência da Rodovia BR-319 e os disponibilizou no site do PPBio (http://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Estacoes_Meteorologicas_BR319.rar). Informações sobre a logística de acesso, mapas e contatos pessoais estimulam o uso dos sítios de pesquisa, de modo que a falta de informações como essas é um dos maiores impedimentos à pesquisa integrada. Os pesquisadores já não têm paciência ou tempo para visitar todos os sítios de coleta em potencial e se a informação não estiver disponível na internet eles vão procurar outro lugar para fazer pesquisa.

O mais importante é disponibilizar os metadados (dados que descrevem dados primários). “Sem informações sobre o que os dados representam e como foram coletados é geralmente impossível para indivíduos não envolvidos no estudo atual usar os dados” (Billick 2010). Por outro lado,

researchers from other localities to evaluate the value of data for integrated analyses.

Researchers will often have specific taxonomic or ecosystem interests, but the primary keys that link all of these things are related to space (geographic location) and time (when the observation was made).

Data are now available from many public sources, and subsets that refer to study sites can be made available on the project web site (Billick 2010). For instance, Juliana Schietti summarized data from weather recording stations in the region of influence of the BR-319 Highway and made it available on the PPBio web site (http://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Estacoes_Meteorologicas_BR319.rar). Information on the logistics of access, maps and personal contacts stimulates the use of the research site, and lack of this information is one of the greatest impediments to integrated research. Researchers no longer have the patience or time to visit all potential research sites, and if the information is not available on the internet they will look elsewhere.

The most important thing to make available is the metadata (data that describe primary data).

“Without information on what the data represent and how they were collected, it is typically impossible for individuals not involved in the actual study to use the data” (Billick 2010). Conversely, even without the data, it is often very useful to know what has been done, where, and by whom. It is important to have the metadata recorded within a short interval after the data collection, as the researchers who conducted the survey tend to forget details about the procedures adopted that are relevant to their interpretation, or even the abbreviations used to record them. Many so-

mesmo sem os dados, muitas vezes os metadados são muito úteis para se saber o que foi feito, onde e por quem. É importante que os metadados sejam registrados em um curto intervalo após o levantamento dos dados, pois os próprios pesquisadores responsáveis pela coleta tendem, com o passar do tempo, a esquecer detalhes dos procedimentos adotados que são relevantes para sua interpretação, ou mesmo as abreviações usadas ao anotá-los. Muitos dos chamados sistemas de gerenciamento de dados, especialmente os nacionais, apenas registram os metadados (ver abaixo). Quando os dados originais foram manipulados, ou resultados apresentados, é muito importante que os detalhes do processamento e da análise sejam documentados como metadados de fluxo de trabalho, ou seja, como metadados secundários. Isto pode ser feito usando os scripts para análises utilizados em programas de estatística ou com sistemas de fluxo de trabalho específico, como Kepler (Altintas *et al.* 2004) e Tavena (Hull *et al.* 2006, Oinn *et al.* 2006). Muitas análises estatísticas usadas como padrão hoje em dia serão consideradas pitorescas ou inadequadas no futuro (por exemplo, Warton & Hui 2011).

Onde armazenar?

Existem hoje muitos serviços comerciais na internet que permitem armazenar e disponibilizar informações, tais como fotografias, filmes e publicações. Estes têm a vantagem da facilidade de uso e geralmente não têm custos diretos. Contudo, eles têm limitações em termos



- *Herbário INPA, em Manaus. Coleções biológicas são as principais referências sobre a identidade e distribuição das espécies, mas para funcionarem bem precisam de investimentos na capacitação de pessoal.*
- *INPA Herbarium in Manaus. Biological collections are the main references about the identity and distribution of species, but to function well they require investments in staff capacity building.*

called data-management systems, especially the national ones, only record metadata (see below). When original data have been manipulated, or results presented, it is very important that processing and analysis details are documented as workflow metadata, that is, as secondary metadata. This can be done by using the scripts for analyses used in statistical programs, or with specific workflow systems, such as Kepler (Altintas *et al.* 2004) and Tavena (Hull *et al.* 2006, Oinn *et al.* 2006). Many standard statistical analyses of today will be considered quaint or inappropriate in the future (e.g. Warton and Hui 2011).

Where to store it?

There are now many commercial sites that allow you to store and make available information, such as photographs, films and

de ligações entre diferentes tipos de informação e a segurança dos dados depende dos caprichos da economia e dos diretores do site. Embora possam ser úteis em alguns casos para espelhar os dados, eles não devem ser o repositório principal.

O hardware para manter um site está dentro do orçamento da maioria dos pesquisadores. Um servidor capaz de abrigar um portal na internet pode ser montado por menos de US\$2.000,00, orçado em 2011. No entanto, os custos de manutenção do site e de validação de dados estão geralmente além dos recursos de pesquisadores individuais e a maioria das instituições não está disposta a pagar para hospedar dados de outras instituições. Portanto, dentro de qualquer rede de pesquisa, geralmente há apenas algumas poucas instituições com capacidade e vontade para hospedar os dados

publications, on the internet. These have the advantage of ease of use and generally have no direct costs. However, they have limitations in terms of links between different types of information, and the security of the data depends on the whims of the economy and the site directors. Although they may be useful in some cases to mirror the data, they should not be the primary repository.

The hardware to maintain a web site is within the resources of most researchers. A server capable of housing a web site cost less than US\$ 2,000 to assemble in 2011. However, the costs of site maintenance and data validation are usually beyond the resources of individual researchers, and most institutions are not willing to pay to host data from other institutions. Therefore, within any research network, there are usually only a few institutions with the capacity and willingness to host the data, and those **institutions must have explicit data policies**



- Os metadados são as informações mais importantes para se entender os dados. Em campo, é indicado anotar todas as informações que serão úteis para compreender o conjunto de dados disponibilizados e para permitir a replicação das amostragens.
- Metadata contain information essential to understand data. During field work, the researcher must record all information that will be useful to understand the available dataset and to allow replication of sampling.

e, além disso, as **instituições devem ter políticas de dados explícitas que não impliquem na posse dos dados** (veja abaixo).

Até agora, todos os dados de sítios de coleta RAPELD foram disponibilizados através do website do PPBio Amazônia Ocidental (<http://ppbio.inpa.gov.br/>) hospedado no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) localizado em Manaus, na Amazônia Central. Isto está longe de ser ideal. A conexão de internet entre Manaus e o resto do país é de baixa qualidade e o fornecimento de eletricidade em Manaus muitas vezes sofre falhas no serviço. Entretanto, o INPA se beneficiou de interações com organizações internacionais, como o 'Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center' (ORNL DAAC), um dos centros de dados da NASA ('National Aeronautics and Space Administration' dos EUA) que vem colaborando com o gerenciamento de dados do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA). Laurindo Campos, um dos idealizadores do sistema de gerenciamento de dados do LBA, ajudou a projetar o sistema do PPBio. Embora não tenhamos nos dado conta disso na época, essa associação foi fundamental para que o PPBio fosse capaz de tornar os dados disponíveis enquanto outras organizações procrastinaram sobre a disponibilização de dados.

A coleta de dados no campo é cara, difícil e às vezes perigosa. Ela não só exige uma estreita interação com os organismos, mas também uma estreita colaboração com muitas pessoas diferentes (ver Capítulo 6). A maioria



- *A Vitória-régia, Victoria amazonica, é uma planta aquática, típica da região amazônica. A integração de informações ecológicas e dos dados de ocorrência é importante para subsidiar a tomada de decisão em qualquer ecossistema.*
- *The Victoria amazonica is an aquatic plant, typical of the Amazon region. The integration of ecological information and occurrence data is important to support decision making in any ecosystem.*

that do not imply in ownership of the data (see below).

To date, all the data from RAPELD sites has been made available through the PPBio site for western Amazonia (<http://ppbio.inpa.gov.br/>) housed in the 'Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia' (INPA), which is located in Manaus, at the center of the Amazon rainforest. This is far from optimal. The internet connection between Manaus and the rest of the country is very poor, and the electricity supply in Manaus often suffers from service failures. However, INPA benefitted from interactions with international organizations, such as ORNL DAAC - Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, one of the data centers of the US National Aeronautics and Space Administration (NASA), in the Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA). Laurindo Campos, one of the designers of the LBA data-management

das pessoas nas grandes cidades se tornou dependente e até mesmo viciada na internet. Os jovens não só perderam o contato com a natureza, mas também muitos deles nunca obtiveram as habilidades sociais necessárias para a interação pessoal harmoniosa. Por isso, muitos têm passado muito tempo desenvolvendo sistemas que lhes permitam o acesso a dados coletados por outros indiretamente. Contudo, como os dados não são disponibilizados a não ser para contatos pessoais próximos, a maioria desses sistemas apenas registra os metadados e deixa a responsabilidade para arquivamento dos dados para os pesquisadores individuais. Isto pode não ser uma estratégia adequada, pois muitos desses arquivos estão vazios (Nelson 2009). A maioria dos sistemas nacionais (por exemplo, o Sistema de Bases Compartilhadas de Dados sobre a Amazônia - BCDAM - <http://homolog-w.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=44>) é deste tipo e há muitas iniciativas específicas para determinados tipos de dados. Por exemplo, informações sobre os metadados de plantas coletadas em sítios RAPELD estão disponíveis através do GIVD (Dengler *et al.* 2011). Informações sobre qualquer repositório de dados podem ser disponibilizadas por meio desses sistemas uma vez que a base de dados primária esteja instalada, por isso não vamos considerá-los mais adiante.

Sistemas estáveis requerem serviços de replicação que são obtidos nos sistemas de gerenciamento de dados por meio dos chamados espelhos, que

system helped design the PPBio system. Although we did not realize it at the time, that association would be critical to the PPBio being able to make data available while other organizations squabbled over data availability.

Collecting data in the field is expensive, difficult, and sometimes dangerous. It not only requires close interaction with organisms, it requires close collaboration with many different people (see Chapter 6). Most people in large cities have become dependent on, if not addicted to, the internet. Young people have not only lost their contact with nature, many of them have never obtained the social skills necessary for harmonious personal interactions. Therefore, many have spent a lot of time developing systems that will allow them to access data collected by others vicariously. However, as those others do not make their data available without close personal contacts, most of those systems just record metadata and leave



- *Treinamento de gerenciamento de dados ecológicos do PPBio com Matthew Jones (NCEAS). Os maiores custos estão envolvidos com o salário de pessoal qualificado e poucas instituições têm capacidade de incorporá-los ao orçamento.*
- *PPBio training on ecological data management with Matthew Jones (NCEAS). The highest costs are involved with the wages of skilled staff and few institutions have the capacity to incorporate them into the budget.*



- *A conservação da biodiversidade será fortemente beneficiada se soubermos reconhecer as espécies e compreender os fatores que influenciam suas distribuições, por isso é imprescindível que as informações existentes estejam acessíveis para a sociedade.*
- *Biodiversity conservation will be greatly benefited if we are able to recognize the species and understand the factors that influence their distribution. Hence, it is imperative that the existing information is accessible to society.*

permitem que os mesmos dados sejam armazenados em locais diferentes.

Isso pode ser feito de diversas maneiras, mas nós optamos por colaborar com a rede chamada Knowledge Network for Biocomplexity (KNB), que é o sistema utilizado pelo ILTER (PELD Internacional) e vários outros grandes programas em ecologia. Basicamente, os dados são espelhados em mais de um servidor e podem ser acessados a partir de qualquer um deles, mas a alimentação de dados e a definição das regras de acesso são responsabilidade do nó primário, ou seja, o servidor local. A tecnologia para a integração deverá avançar rapidamente no futuro próximo e o PPBio está associado ao DataONE, uma rede projetada para integrar diversas iniciativas internacionais (Reichman *et al.* 2011). Ninguém associado ao RA-

responsibility for data archiving to the individual researchers. This may not be an optimal strategy, because many of those archives are empty (Nelson 2009). Most national systems (e.g. BCDAM, Shared Amazonian Data Base System - <http://homolog-w.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=44>) are of this type, and there are many specific initiatives for particular data types. For instance, information on the RAPELD metadata on plants is available through the GIVD (Dengler *et al.* 2011). Information on any data repository can be made available through such sites once the primary data base is installed, so we will not consider them further.

Stable systems require replication services, and that is achieved in data-management systems by data mirrors that allow the same data to be stored in a number of different sites. There are

PELD tem a capacidade de, isoladamente, desenvolver os softwares necessários para estes programas, os quais estão na fronteira da ciência da computação, mas é importante que estejamos associados a eles para que os dados coletados por dedicados biólogos de campo possam ter a mais efetiva exposição global.

Como armazenar e recuperar dados?

Quando começamos, pensávamos que o gerenciamento de dados era somente sobre bancos de dados e cada vez que começávamos a falar sobre o gerenciamento de dados alguém se oferecia para desenvolver um banco de dados para nós. Levamos muito tempo para entender que quando as pessoas falam sobre bancos de dados elas estão falando sobre duas coisas: os dados e um mecanismo de busca e manipulação. Um mecanismo integrado de armazenamento de dados e manipulação normalmente só pode lidar com uma gama limitada de tipos de dados e requer entrada de dados com formatos e nomes de campo extremamente padronizados (por exemplo, Jansen & Dengler 2010). Hale (1999) afirmou que um dos grandes erros na gestão de dados é na tentativa de colocar todos eles em um único sistema. Há um número muito grande de programas disponíveis para criar bancos de dados, tanto comerciais quanto de código-livre, e grande parte de sua eficiência vem do armazenamento dos dados em formatos que permitem a manipulação e um rápido acesso. O problema é que esses formatos são geralmente especí-

a number of ways that can be done, but we opted to collaborate with the Knowledge Network for Biocomplexity (KNB), which is the system used by ILTER and several other major ecological programs. Basically, data is mirrored to several different locations and can be accessed through any of them, but data uploading and access rules definitions are responsibility of the primary node. The technology for integration can be expected to advance very quickly in the near future, and the PPBio is associated with Data One, a network designed to integrate many international initiatives (Reichman *et al.* 2011). No one associated with RAPELD has, alone, the capacity to develop the software necessary for these programs, which are at the forefront of computer science, but it is important that we are associated with them so that the data collected by dedicated field biologists can have the most effective global exposure.



- A forma mais segura de armazenar os dados é em um formato simples, tal como .txt ou .csv, que pode ser carregado por qualquer programa de banco de dados ou análise.
- The safest way to store the data is in a simple format, such as .txt or .csv, which can be loaded by any database or analysis program.

ficos para um programa, de modo que os dados têm de ser exportados para outro formato antes de serem enviados para outro programa. Se, por qualquer motivo, o programa ou o formato de arquivo utilizado por ele forem descontinuados, os dados estarão presos em uma linguagem obsoleta. Para a segurança dos dados, o melhor é que eles sejam armazenados em um formato simples, tal como texto, que pode ser carregado por qualquer programa (Billick 2010). Por outro lado, é possível armazenar os dados e seus respectivos metadados estruturados em um repositório, o qual permite que as estruturas das tabelas de dados sejam flexíveis. Dessa forma, o que de fato é buscado e recuperado são os metadados, através do qual podemos ter acesso aos dados. Ou seja, **os dados devem ser armazenados em um repositório separadamente dos mecanismos de busca e manipulação.**

Dados são fornecidos por pesquisadores normalmente em planilhas comerciais (por exemplo, Microsoft Excel), bases de dados comerciais (por exemplo, Dbase), bancos de dados não-proprietários (por exemplo, PostgreSQL) ou arquivos associados a programas de estatística (por exemplo, SPSS ou R). O primeiro requisito é, portanto, tirá-los desses formatos e transformá-los em tabelas simples no formato ASCII ('*American Standard Code for Information Interchange*'). Estes formam os dados de referência e são os materiais básicos para toda a gestão de dados. Esses formatos são seguros, mas desajeitados. Rolf de By desenvolveu procedimentos

How to store and retrieve data?

When we started, we thought that data management was about databases, and every time we started to talk about data management someone offered to develop a database for us. It took us a long time to understand that when people talk about databases they are talking about two things: the data and an search/manipulation engine. An integrated data and manipulation engine can usually only deal with a limited range of data types, and requires extremely standardized input formats and field names (e.g. Jansen and Dengler 2010). Hale (1999) stated that one of the major errors in data management is in trying to put all the data into a single system. There are a very large number of commercial and open-source



- *Rhigus nigrosparus*, besouro da família Curculionidae. Assim como esses pequenos besouros furam grandes troncos, lentamente os pesquisadores estão mudando o paradigma, ao encarar a disponibilização de metadados e dados como uma parte essencial do processo científico.
- *Rhigus nigrosparus*, a beetle of the Curculionidae family. As these small beetles bore large trunks, researchers are slowly shifting the paradigm, as they face the provision of metadata and data as an essential part of the scientific process.

de fragmentação vertical das tabelas para tornar os dados mais acessíveis, dada a estrutura de inventários RAPELD (de By *et al.* 2008). No entanto, o nosso objetivo principal é tornar os dados disponíveis para qualquer pessoa que precise deles, agora ou em qualquer momento no futuro. Portanto, o acesso primário deve ser por meio de arquivos no repositório de dados ao invés de uma base de dados compilados.

Nós estávamos tão sobrecarregados pelas diferentes sugestões para mecanismos de busca em banco de dados que ficamos surpresos ao descobrir que uma organização líder na área de gerenciamento de dados, como o NCEAS (*'National Center for Ecological Analysis and Synthesis'*- EUA), usou a mesma estratégia (<http://www.nceas.ucsb.edu/>). Ao focar nos metadados (Evans & Foster 2011) ao invés dos dados para buscas, os pesquisadores são capazes de selecionar os arquivos que precisam, e manipulá-los se necessário, antes de carregá-los em seus programas preferidos. A Rede *'Knowledge Network for Biocomplexity'* (KNB) desenvolveu o sistema METACAT para armazenar metadados e os dados associados (<http://knb.ecoinformatics.org/index.jsp>). Embora tivéssemos sempre usado a Linguagem de Metadados Ecológica (*'Ecological Metadata Language'* – EML, Fegraus *et al.* 2005) para o nosso padrão de metadados, foi somente em 2010 que migramos para o METACAT (Berkley *et al.* 2001) e pudemos utilizar o sistema para pesquisar os dados e integrá-los com dados de outros sítios internacionais do PELD .



- *Acampamento de alunos durante curso de campo em Cruzeiro do Sul, Acre. O processamento prévio de dados no campo é uma ótima maneira de reduzir erros e garantir que a maior parte das informações relevantes seja registrada para uso posterior.*
- *Students in a camp site during a field course in Cruzeiro do Sul, State of Acre. The preprocessing of data in the field is a great way to reduce errors and ensure that the most relevant information is recorded for later use.*

database programs available, and a great part of their efficiency comes from storing the data in formats that allow fast access and manipulation. The problem is that those formats are usually program specific, so that the data have to be exported to another format before they can be uploaded by another program. If, for any reason, the program, or the file formats it uses, becomes out of date, the data are locked in an obsolete language. For data security, it is best if they are stored in a simple format, such as text, that can be uploaded by any program (Billick 2010). On the other hand, it is possible to store the data and their metadata in a structured repository, which enables flexibility of the structures of the data tables. Thus, what is actually searched and retrieved are metadata, by which we can access the data. That is, **the data have to be stored in a repository**

O KNB desenvolveu também o MORPHO (Higgins *et al.* 2002, <http://knb.ecoinformatics.org/morphoportal.jsp>) para permitir a produção e envio de dados e metadados para o METACAT. No entanto, não permitimos o carregamento automático de dados. O Laboratório Biológico de Rocky Mountains teve experiência semelhante à nossa. Eles descobriram que “na maioria das vezes, **as submissões de metadados e dados devem ser analisadas por um cientista experiente e perguntas adicionais devem ser feitas, a fim de garantir que os arquivos de dados possam ser interpretados pelas gerações futuras.** Esse passo de controle de qualidade, crítico em muitos casos, aumenta substancialmente o custo” (Billick 2010). O custo deve-se principalmente a manutenção de pessoal para realizar

separately from the search and manipulation engines.

Data are usually provided by researchers in commercial spreadsheets (e.g. Microsoft Excel) or commercial data bases (e.g. Dbase), non-proprietary databases (e.g. PostgreSQL) or files associated with statistical programs (e.g. SPSS or R). The first requirement is therefore to get them out of those formats and into simple text tables in ASCII format (American Standard Code for Information Interchange). These form the reference data, and are basic material for all data management. These formats are safe, but clumsy. Rolf de By has developed data-table vertical fragmentation procedures to make the data more accessible given the structure of RAPELD surveys (de By *et al.* 2008). However, our primary aim is to make the data available to anyone who needs them, now or at any time in the future. Therefore, primary access should be through the files in the data repository, rather than a compiled database.

We were so overwhelmed by the different suggestions for database search engines that we were surprised to find that a leading organization in the field of data management, such as the US National Center for Ecological Analysis and Synthesis (NCEAS), used the same strategy (<http://www.nceas.ucsb.edu/>). By focusing on the metadata (Evans and Foster 2011), rather than the data, for searches, investigators are able to select the files they need, and correct them if necessary, before uploading them into their preferred database program. The Knowledge Network for Biocomplexity (KNB) has developed the METACAT system to store data and the associated metadata (<http://knb.ecoinformatics.org/index.jsp>). Although we had always used the Ecological



- *O besouro serra-pau, Macrodonia cervicornis, com suas longas mandíbulas e desenhos nos élitros. Alguns pesquisadores que procrastinam a disponibilização dos metadados e dados têm de ser “capturados” pelos gestores de dados.*
- *The long-horned beetle, Macrodonia cervicornis, with its long jaws and drawings on elytra. Some researchers who procrastinate the provision of metadata and data must be “captured” by the data managers.*



- *As orelhas-de-pau são fungos bastante diversos que decompõem madeira no mundo todo. Informações ecológicas, aliadas aos dados sobre a ocorrência das espécies, são importantes para minimizar prejuízos econômicos em muitos tipos de construções que envolvem madeira.*
- *Bracket fungi are taxonomically diverse organisms that decompose wood worldwide. Ecological information, coupled with data about the occurrence of the species, is important to minimize economic losses in many types of constructions that contain wood.*

o controle de qualidade. Isso limita bastante o número de instituições que podem arcar com a curadoria de dados. Os seres humanos são essenciais para se certificar de que os dados são constantemente atualizados para novos formatos e tecnologias de armazenamento. Pesquisadores frequentemente se interessaram em utilizar as tecnologias mais recentes, mas os dados só serão úteis por mais 100 anos a partir de agora se forem transferidos da tecnologia “mais recente” para a do “futuro” (Curry 2011). Precisamos de pessoas para isso. No momento, temos quatro bolsistas dedicados em tempo integral à manutenção do website e das bases de dados, e outros associados a várias

Metadata Language (EML, Feagraus *et al.* 2005) structure for our metadata, it was only in 2010 that we migrated to METACAT (Berkley *et al.* 2001) and could make use of the system to search the data and integrate it with data from other international LTER sites.

KNB has developed MORPHO (Higgins *et al.* 2002, <http://knb.ecoinformatics.org/morphoportal.jsp>) to allow production and upload of data and metadata to METACAT. However, we do not allow automatic upload of data. The Rocky Mountain Biological Laboratory has had similar experience to ours. They found that “for the most part, **metadata and data submissions must be reviewed by an experienced scientist, and additional questions must be asked in order to ensure**

atividades, como a preparação de vídeos para distribuição através da internet. Além disso, os bolsistas de gestão dos núcleos regionais do PPBio recebem treinamento para levarem a experiência da gestão de dados do Núcleo Manaus a seus núcleos. Assim, as revisões dos metadados e dados tendem a ser mais rápidas e eficientes.

Parece estranho que não se possa confiar em dados e metadados enviados por pesquisadores, mas o fato é que eles não tiveram nenhum treinamento em gerenciamento de dados ou na produção de metadados. A revolução da tecnologia da informação é recente e a maioria das escolas e universidades não tem cursos de gestão de dados. Os cursos PPBio sobre gerenciamento de dados são muito populares e a demanda de órgãos públicos aumenta a cada dia, embora as pessoas nessas agências geralmente tenham participado de cursos de programas específicos, tais como Oracle e MySQL. A gestão de dados e a produção de metadados são extremamente complexas (Zimmerman 2008, Kroupa & Remsen 2010, Evans & Foster 2011, Whitlock 2011), assim como qualquer outra forma de comunicação humana, e deve ser incluída desde o início no planejamento de qualquer programa de monitoramento da biodiversidade.

A quem os dados devem estar disponíveis?

Esta é uma das questões mais polêmicas em relação à ciência integrada, mas acreditamos que a resposta seja

the data files can be interpreted by future generations.

Such a quality-control step, critical in many cases, adds substantially to the cost" (Billick 2010). The cost is mainly in maintaining staff to undertake quality control. This greatly limits the number of institutions that can curate data. Humans are essential to make sure that the data is constantly upgraded to new data formats and storage technologies. Researchers are often interested in using the latest technology, but the data will only be useful 100 years from now if it has been transferred from "latest" to "future" technology (Curry 2011). We need humans for that. At the moment, we have four full-time scholarship holders associated with web-site and database management, and several others associated with other activities, such as preparing video footage for distribution through the internet. Moreover, the researchers and scholarship holders from PPBio regional hubs are trained to take advantage of the experience of the Manaus hub for data management in their hubs. This reduces the time necessary to revise data submitted to the central repository.

It seems strange that you cannot trust data and metadata uploaded by researchers until you remember that they have had no training in data management or the production of metadata. The information-technology revolution is recent, and most schools and universities do not have courses in data management. The PPBio courses in data management are very popular and the demand from government agencies increases every day, even though staff in those agencies usually had courses in the use of specific programs, such as Oracle and MySQL. Data management and the production of metadata are extremely

simples e óbvia. **Dados coletados por funcionários públicos, com financiamento público ou em terras públicas devem ser públicos e acessíveis a todos, com poucas exceções.** Até o momento as únicas exceções com as quais tivemos que lidar são dados relativos a processos que podem levar a uma patente, dados sobre a localização de espécies ameaçadas de valor econômico e dados que foram obtidos com o conhecimento tradicional quando os detentores de tal conhecimento não estão dispostos a distribuir a informação. Entretanto, existem outros tipos de dados que os participantes podem querer restringir, como fotografias de pessoas ou lugares sagrados, números de CPF, idade e endereços dos participantes. Frequentemente, há muitas distinções confusas entre informações, materiais, pessoas, artefatos, propriedade privada e o domínio público (Mathews *et al.* 2011), bem como questões de privacidade (Kahn 2011, King 2011). É muito mais fácil listar as exceções porque a maioria dos dados pode ser distribuída sem restrições em benefício de todos. No caso do RAPELD, que é sobre infraestrutura e biodiversidade em geral, menos de 0,01% dos dados requer algum tipo de restrição quanto a quem está disponível.

Uma pergunta relacionada é: Quando os dados devem ser disponibilizados? No caso de pesquisas para estudos de impacto ambiental ou coleta de informações para informar decisões, obviamente antes de a decisão ser tomada. Dados para fins acadêmicos podem ser mais complicados e o PPBio,



- *Os opilões são aracnídeos que possuem um potencial de serem bons indicadores de perturbações no ecossistema. Para um indicador biológico ser útil, é preciso que seja identificável e dados sobre sua ocorrência e nicho ecológico estejam disponíveis publicamente.*
- *The harvestmen are arachnids that have a potential to be good indicators of ecosystem disturbances. To be useful, biological indicators must be identifiable and data on their occurrence and ecological niche are publicly available.*

complex (Zimmerman 2008, Kroupa and Remsen 2010, Evans and Foster 2011, Whitlock 2011), just like any other form of human communication, and should be included in planning from the outset of any biodiversity-monitoring program.

To whom should data be available?

This is one of the most vexed questions in relation to integrated science, but we believe the answer is simple and obvious. **Data collected by public servants, with public funding, or on public lands should be public and available to**

que até o momento gerencia a maioria dos dados provenientes de infraestrutura RAPELD, restringe o acesso público aos dados por um ano se o pesquisador assim pedir, sendo que esse período pode ser estendido com justificativas. Mesmo que os dados não estejam disponíveis durante toda a vida de um pesquisador, eles ainda podem vir a ser úteis (Billick 2010), mas esperar as pessoas morrerem ou se aposentarem não é uma estratégia particularmente produtiva. O Instituto Europeu para Taxonomia (EDIT - 'European Distributed Institute for Taxonomy') recomenda um sistema em que o reembolso final para o trabalho de campo é feito apenas

everyone, with few exceptions. To date, the only exceptions we have had to deal with are data related to processes that may lead to a patent, data on the location of endangered species of economic value, and data that have been obtained with traditional knowledge and the owners of that traditional knowledge are not willing to have the information distributed. However, there are other types of data that participants may wish to restrict, such as photographs of people or sacred places, or social security numbers, ages and addresses of participants. There are often blurred distinctions among information, materials, persons, artifacts, private property and public domain (Mathews *et al.* 2011), along with privacy issues (Kahn 2011, King



- Jequitirabóia com as asas abertas, evidenciando as manchas ocelares em suas asas posteriores.
- Os dados sobre biodiversidade poderiam ser usados para melhorar a forma como vemos o mundo, principalmente se forem coletados com planejamento e publicados com metadados apropriados.
- The 'Jequitirabóia' with outspread wings, showing eye spots on their hind wings. Biodiversity data could be used to improve how we see the world, mainly if they are collected with forethought and made available with appropriate metadata.

depois que os dados foram disponibilizados (Kroupa & Remsen 2010).

Muitos acadêmicos afirmam que eles não podem disponibilizar seus dados, pois “alguém” quer roubá-los. Na maioria das vezes, este não é o caso. Deveria ser motivo de orgulho o fato de alguém querer roubar seus dados, mas a maioria dos pesquisadores não tem tempo ou energia para publicar seus próprios dados, muito menos os dos outros. Em qualquer caso, que maneira é melhor de reivindicar os dados do que torná-los públicos com o seu nome (Reichman *et al.* 2011)? Mesmo que o uso não reconhecido dos dados possa ocorrer, isso é um problema trivialmente pequeno em relação ao não aproveitamento de 99% dos dados gerados com fundos públicos escassos (Reichman *et al.* 2011). **Publicar seus dados sem permissão seria imoral, mas isso é problema de outra pessoa. Não disponibilizar seus dados é um ato imoral que você pode evitar.**

A maioria de nós acadêmicos não consegue obter o máximo de desempenho na profissão escolhida em parte porque há uma carência na capacidade de comunicação. Alguns publicam artigos que mudam a forma como vemos o mundo. Alguns outros descobrem uma técnica de linha de produção e publicam muitos artigos “eu também”. No entanto, a grande maioria deixa a academia ou publica apenas alguns artigos antes de se retirarem para suas torres de marfim, onde ensinam e veem o mundo passar. Isto não é porque eles são estúpidos ou preguiçosos. É porque a publicação é



- *Amostras de solo das parcelas RAPELD na Reserva Ducke. Algumas variáveis ambientais têm influência ampla sobre vários organismos e, ainda que o custo de obtenção seja elevado, a aplicação justifica os investimentos. Um dos reflexos da importância dessas variáveis está relacionado ao alto número de artigos publicados no RAPELD em coautoria com pesquisadores que trabalham com solos.*
- *Soil samples from RAPELD plots at Reserva Ducke. Some environmental variables influence various organisms and, although the cost of production is high, the application of data justifies the investment. A reflection of the importance of these variables is related to the high number of articles published in RAPELD co-authored by researchers working with soils.*

2011). It is far easier to list the exceptions because most data can be distributed without restriction to the benefit of everyone. In the case of RAPELD, which is about infrastructure and general biodiversity, less than 0.01% of data requires some form of restriction as to whom it is available.

A related question is when should data be made available? In the case of surveys for environmental impact statements or the collection of information to inform decisions, the obvious answer is before the decision is made. Data for academic purposes may be more complicated, and the PPBio, which manages most RAPELD data to date, restricts public access to the data for a year if the researcher requests it, and that period

um exercício social que requer que você, simultaneamente, se conforme e se torne vulnerável a muitas críticas injustificadas. Entretanto, **a maioria dos dados poderia ser usada para melhorar a forma como vemos o mundo, desde que sejam coletados com um mínimo de planejamento e apresentados com metadados apropriados.** A literatura está repleta de modelos teóricos, mas a assimilação de dados é necessária para se entender a estabilidade de previsões sob quaisquer parâmetros do modelo (Luo & Schimel 2011). A publicação de dados pode ser muito mais gratificante do que a de artigos (Costello 2009) e não requer que você revolucione a ciência com um único conjunto de dados. Publicações seguem a moda e artigos sobre aves ou outros

can be extended with justifications. Even if the data were not available during the life of the investigator, it could still eventually be useful (Billick 2010), but waiting for people to die or retire is not a particularly productive strategy. The European Distributed Institute for Taxonomy (EDIT) recommends a system in which final reimbursement for field work is made only after data have been made available (Kroupa and Remsen 2010).

Many academics claim that they cannot make their data available because the proverbial “somebody” wants to steal them. In most cases, that is hogwash. You should feel proud if someone wants to steal your data, but most researchers do not have the time or energy to publish their own data, much less that of others. In any case, what better way to lay claim to the data than to put it out publicly with your name (Reichman *et al.* 2011)? Even though unacknowledged use of the data could occur, it is a trivially small problem in relation to the loss of 99% of the data generated with scarce public funds (Reichman *et al.* 2011). **Publishing your data without your permission would be immoral, but that is someone else’s problem. Not making your data available is an immoral act that you can avoid.**

Most academics do not perform the best they could in their chosen profession, in part because they lack the ability to communicate. A few publish papers that change how we see the world. A few more discover a production-line technique and publish many “me-too” papers. However, the great majority leaves academia, or publishes just a few papers before retreating into their ivory towers, where they teach and watch the world go by. This is not because they are stupid or lazy. It is



- *O Guaraná, Paullinia cupana, no Alto Rio Negro. O esforço necessário para disponibilizar os metadados e dados em um formato correto é mínimo perto dos benefícios da integração dos dados.*
- *The Guarana, Paullinia cupana, in the Upper Rio Negro. The effort required to provide metadata and data in a proper format is minimal considering the benefits of data integration.*



- *Macho de Surucuá-de-barriga-amarela, Trogon rufus. Embora o monitoramento de cada grupo tenha particularidades, é importante integrar espacialmente as amostragens.*
- *Male of the Black-throated Trogon, Trogon rufus. Although the monitoring of different groups has peculiarities, it is important to integrate sampling spatially.*

vertebrados estão muito mais na moda do que artigos sobre solos. Mesmo assim, os pesquisadores do RAPELD que trabalham em solos têm sido convidados para coautoria de muito mais artigos do que aqueles que trabalham com vertebrados. O crédito está começando a ser dado onde é mais merecido.

Há movimentos fortes em andamento para dar crédito tanto para a publica-

because publishing is a social exercise that requires that you simultaneously conform and make yourself vulnerable to many unjustified criticisms. Nevertheless, **most data could be used to improve how we see the world, as long as it is collected with a minimum of forethought, and made available with appropriate metadata.** The literature abounds with theoretical models, but data assimilation is required to understand the stability of the predictions under any given model parameterization (Luo and Schimel 2011). Publishing data can be much more rewarding than publishing papers (Costello 2009), and does not require that you are revolutionizing science with a single data set. Publications follow fashions, and papers about birds or other vertebrates are much more fashionable than papers about soils. Nevertheless, the RAPELD researchers who work on soils have been invited to coauthor far more papers than those that work on vertebrates. Credit is starting to fall where it is most deserved.

There are strong moves afoot to give as much credit to data publication as to publication of summaries (Reichman *et al.* 2011), and the argument that you have to hide the data to improve your chances of publishing is quickly losing support. Most major journals will now not accept papers for publication unless the data are in public data repositories (e.g. Hanson *et al.* 2011, Huang and Qiao 2011, Whitlock *et al.* 2010). A paper published with supporting data also has a greater citation rate than stand-alone papers for which no data are available (Piwowar *et al.* 2007), so you may have to invent other stories to justify why you do not make data available. The value of your data can also be increased

ção de dados como para a publicação de artigos que descrevem os dados (Reichman *et al.* 2011) e o argumento de que você deve esconder seus dados para melhorar suas chances de publicação está rapidamente perdendo força. A maior parte das revistas importantes não aceitam os trabalhos para publicação a menos que os dados estejam em repositórios de dados públicos (por exemplo, Hanson *et al.* 2011, Huang & Qiao 2011, Whitlock *et al.* 2010). Um artigo publicado com dados de suporte também tem uma taxa maior de citação do que artigos cujos dados não estão acessíveis (Piwo-war *et al.* 2007), então você deve inventar outras histórias para justificar por que não tornar os dados disponíveis. O valor dos dados também pode ser aumentado enormemente se outras pessoas os analisarem e alguns pesquisadores até têm promovido competições para estimular outros pesquisadores a analisarem seus dados (Carpenter 2011). Novas tecnologias de visualização de dados irão cada vez mais facilitar a avaliação rápida de quais dados estão disponíveis e onde se encontram (Fox & Hendler 2011).

Como explicado na seção anterior, a maioria das pessoas não disponibiliza os dados porque não sabe como ou porque não entende as questões complexas sobre acesso e armazenamento de dados. Não devemos sentir vergonha disso. A revolução da tecnologia da informação chegou para nós muito rapidamente e estamos apenas começando a entender suas armadilhas e potenciais. Talvez o melhor que possamos fazer é **começar programas de treinamento para que a próxima geração de**



- *O Jabuti-piranga, Chelonoidis carbonaria, na Amazônia. Ainda que o caminho seja longo, o número de dados e metadados disponibilizados está aumentando significativamente à medida que mais pesquisadores conhecem e utilizam o sistema RAPELD.*
- *The Red-footed tortoise, Chelonoidis carbonaria, from the Amazon. Although the path is long, the number of data and metadata available is increasing significantly as more researchers know and use RAPELD system.*

enormously if other people analyze it, and some researchers have actually promoted competitions to stimulate other researchers to analyze their data (Carpenter 2011). New data-visualization technology will increasingly facilitate quick evaluation of what data are available, and where (Fox and Hendler 2011).

As explained in the previous section, most people do not make data available because they do not know how, or because they do not understand the complex issues with data storage and access. We should not feel ashamed of that. The information-technology revolution came on us very quickly and we are only just starting to understand the pitfalls and potentials. Perhaps the most we can do is to **start training programs so that the next generation of researchers will be better prepared, not just to store the data in their computer, but to**

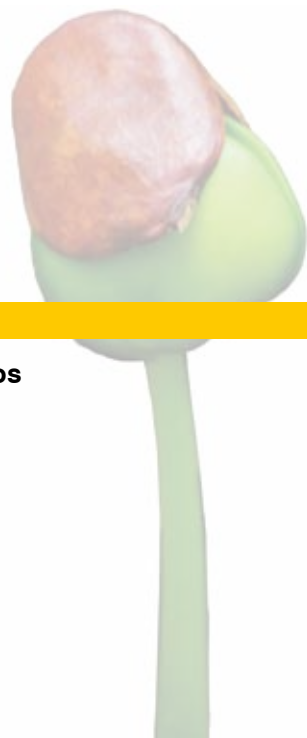
pesquisadores esteja mais bem preparada, não apenas para armazenar e manipular os dados em seu computador, mas para torná-los disponíveis globalmente.

Nós investimos pesado em tais cursos, tanto para estudantes de graduação quanto para profissionais em agências governamentais ou do setor privado. O PPBio tem uma política de dados (<http://ppbio.inpa.gov.br/politicadados>) muito semelhante à política do LBA e do TEAM, que basicamente diz que os pesquisadores que se aproveitam do sistema RAPELD devem contribuir fazendo com que seus dados estejam disponíveis. Este é um preço muito pequeno para os grandes benefícios que se obtêm. Concordamos com Likens e Lindenmayer (2010) que existem questões complexas sobre gerenciamento de dados, mas não concordamos que possam ser adiadas até depois do desenvolvimento de um programa. A política de dados deve ser a espinha dorsal do desenvolvimento de um programa e é extremamente difícil de ser implementada retrospectivamente. Se alguns pesquisadores se recusarem a colaborar, não tem problema – provavelmente não serão necessários na equipe. ■

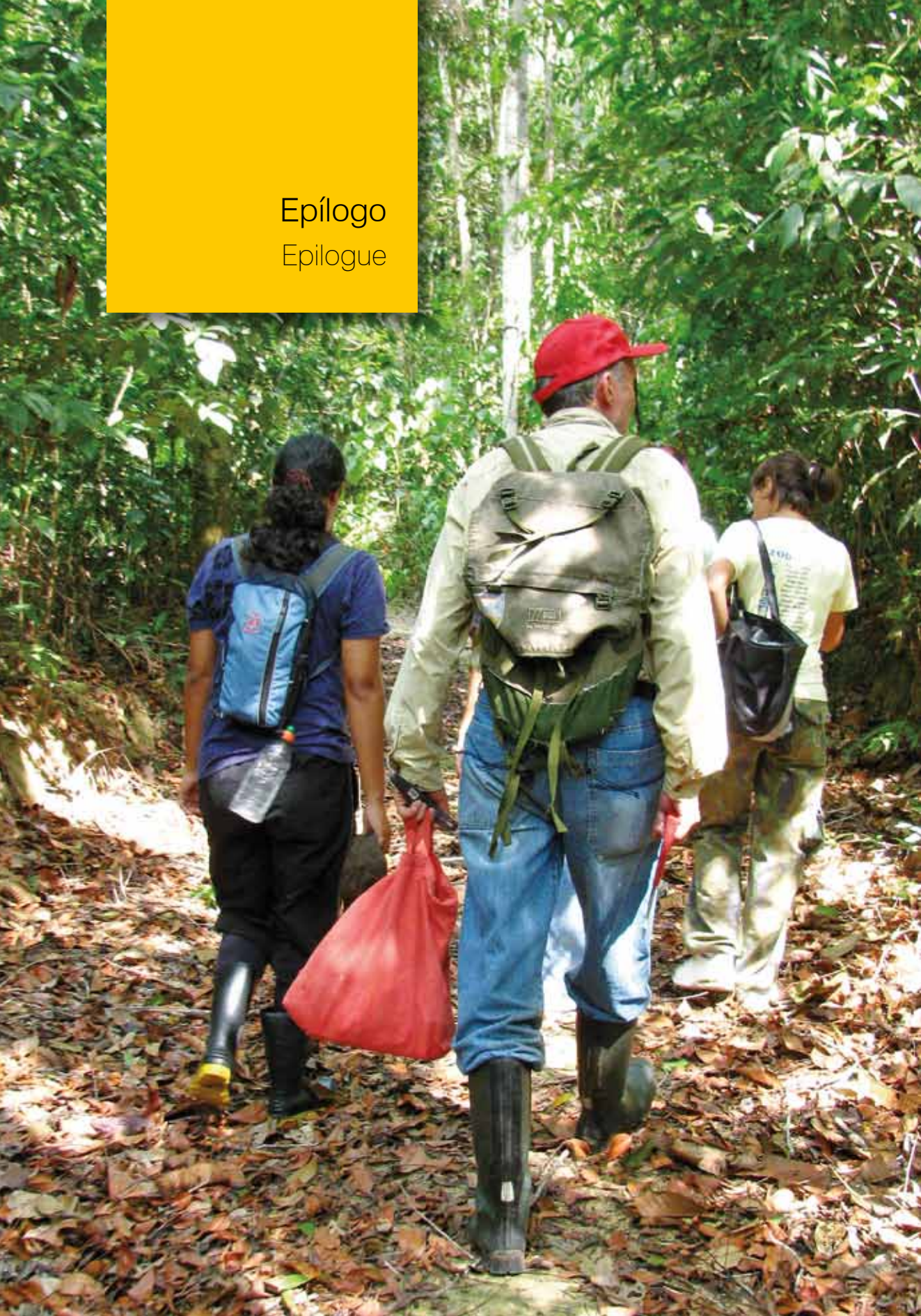
make it available globally. We invest heavily in such courses, for both students in graduate programs and professionals in government agencies or the private sector. The Brazilian PPBio has a data policy (<http://ppbio.inpa.gov.br/politicadados>), very similar to those of LBA and TEAM, that basically says that researchers who take advantage of the RAPELD system should contribute by making their data available. This is a very small price for the great benefits that accrue. We agree with Likens and Lindenmayer (2010) that there are complex issues with data management, but do not agree that it can be put off till after the development of a program. The data policy should be the backbone of program development, and is extremely difficult to implement retrospectively. If a few researchers refuse to collaborate, don't worry – you probably don't need them on the team. ■

SAIBA MAIS READ MORE

- **Repositório de Dados de Estudos Ecológicos**
<http://ppbio.inpa.gov.br/repositorio/dados>
- **Repositório de Dados do PPBio**
<http://ppbio.inpa.gov.br/knb/style/skins/ppbio/>
- **Política de Dados**
<http://ppbio.inpa.gov.br/politicadados>



Epílogo
Epilogue





Comentários finais

Precisamos encerrar por aqui. Não porque nós esgotamos qualquer um dos tópicos, mas porque você tem que voltar ao campo para fazer o que a conservação da biodiversidade mais precisa – a coleta de informações na forma que possam ser utilizadas para tomadas de decisões políticas. Descrevemos o sistema RAPELD e esperamos que muitos de vocês aproveitem-no para complementar seus estudos de biodiversidade e monitoramento ambiental. Mesmo se você não fizer isso, esperamos que a leitura deste livro tenha ampliado sua visão de como a pesquisa em biodiversidade se encaixa na ampla rede de ações sociais que chamamos de democracia. A ciência tornou-se extremamente linear e a pesquisa tornou-se focada em estudos normativos com entradas e saídas restritas, de forma que temos de reaprender a pensar lateralmente. O RAPELD é uma abordagem isolada, pois não possui concorrentes que tentam integrar a pesquisa de campo sobre biodiversidade em um sistema coerente de escala global. Se, ao integrar os conceitos que discutimos neste livro em outro sistema, você puder fazer o RAPELD redundante, isso também nos faria muito felizes. Boa sorte!

Final comments

We must end here. Not because we have exhausted any of the topics, but because you have to get back to the field to do what biodiversity conservation needs most – collection of information in the form that can be used to make political decisions. We have described the RAPELD system and hope that many of you will take advantage of it to supplement your biodiversity studies and environmental monitoring. Even if you don't, we hope that reading this book has broadened your vision as to how biodiversity research fits into the broad web of social actions that we call democracy. Science has become extremely linear and research has become focused on normative studies with restricted inputs and outputs, and we must relearn to think laterally. RAPELD is a lonely approach, as it has no competitors that try to integrate field biodiversity research into a coherent system on a global scale. If, by integrating the concepts we have discussed in this book into another system, you can make RAPELD redundant, that would also make us very happy – Good Luck!



Bibliografia | References

- Abrahamson, I. L., C. R. Nelson, D. L. R. Affleck. 2011. Assessing the performance of sampling designs for measuring the abundance of understory plants. *Ecological Application* 21:452-464.
- Abrahão, C. R. 2007. Efeitos de Riachos. Chuva e Disponibilidade de Presas na Ocorrência de *Bothrops atrox* (Serpentes: Viperidae) em uma Área de 25 km² na Amazônia Central. 2007. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Aguiar, N.O., T. L. Gualberto, & E. Franklin. 2006. Medium-spatial scale distribution pattern of Pseudoscorpionida (Arachnida) in a gradient of soil, topography (altitude and inclination) and soil factors in a central Amazon forest reserve, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66:791-802.
- Ahumada, J. A., C. E. F. Silva, K. Gajapersad, C. Hallam, J. Hurtado, E. Martin, A. McWilliam, B. Mugerwa, T. O'Brien, F. Rovero, D. Sheil, W. R. Spironello, N. Winarni & S. J. Andelman. 2011. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 366:2703-2711.
- Aigner, P. A. & C. E. Koehler. 2010. The model ecosystem as a paradigm for place-based research. Pp. 359-381 In I. Billick & M. V. Price (eds) *The Ecology of Place*. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA.
- Albernaz A. L. 2001. Zoneamento da região do Alter do Chão, Pará: um exercício de planejamento para uma unidade de conservação de uso direto. PhD Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Albernaz, A. L. 2004. Proteção para a savana amazônica. *Ciência Hoje* 35:61-63.
- Alencar, J. C. 1994. Fenologia de cinco species arbóreas tropicais de Sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na Reserva Ducke, Manaus AM. *Acta Amazonica* 24:161-182.
- Allredge, M. W., K. Pacifici, T. R. Simons & K. H. Pollock. 2008. A novel field evaluation of the effectiveness of distance and independent observer sampling to estimate aural avian detection probabilities. *Journal of Applied Ecology* 45:1349-1356.
- Altintas, I. and Berkley, C. and Jaeger, E. and Jones, M. and Ludascher, B. and Mock, S. 2004. Kepler: an extensible system for design and execution of scientific workflows. *Scientific and Statistical Database Management, 2004. Proceedings. 16th International Conference on*. Pages: 423--424.
- Andelman, S. J. 2011. Conservation science outside the comfort zone. *Nature* 475:290-1.
- Anjos, M. B. & J. Zuanon. 2007. Sampling effort and fish species richness in small terra firme forest streams. *Neotropical Ichthyology* 5:45-52.
- Antonelli, A. & V. Rodriguez. 2009. Brazil Should Facilitate Research Permits. *Conservation Biology* 23:1068-1069.
- Antonelli, A., A. Quijada-Mascareñas, A. J. Crawford, J. M. Bates, P. M. Velazco & W. Wüster. 2010. Molecular studies and phylogeography of Amazonian tetrapods and their relation to geological and climatic models. Pp. 386-404 In C. Hoorn & E. P. Wesselingh (eds) *Amazonia, Landscape and Species Evolution*. Wiley-Blackwell, London, UK.
- Araújo, A. C., A. D. Nobre, B. Kruijt, J. A. Elbers, R. Dallarosa, P. Stefani, C. von Randow, A. O. Manzi, A. D. Culf, J. H. C. Gash, R. Valentini, and P. Kabat. 2002. Comparative measurements of carbon dioxide fluxes from two nearby towers in a central Amazonian rainforest: The Manaus LBA site. *Journal of Geophysical Research* 107 D20, 8090.

- Araújo, M. B. & A. Guisan. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* 33:1677-1688.
- Armitage, K. R. 2010. Individual fitness, social behavior, and population dynamics of yellow-bellied marmots. Pp. 134-154 In I. Billick & M. V. Price (eds) *The Ecology of Place*. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA.
- Baccaro, F. B., J. L. Souza, E. Franklin, V. L. Landeiro & W. E. Magnusson. 2012. Limited effects of dominant ants on assemblage species richness in three Amazon forests. *Ecological Entomology* 37:1-12.
- Balvanera, P., S. Quijas, & A. Perez-Jimenez. 2010. Distribution patterns of tropical dry forest trees along a mesoscale water availability gradient. *Biotropica*: 1-9.
- Baraniuck, R. G. 2011. More is less: signal processing and the data deluge. *Science* 331:717-719.
- Barbosa, R.I.; Santos, J.R.S.; Cunha, M.S.; Pimentel, T.; Fearnside, P.M. 2012. Root biomass, root:shoot ratio and belowground carbon stocks in the open savannas of Roraima, Brazilian Amazonia. *Australian Journal of Botany*, 60(5): 405-416. doi:10.1071/BT11312.
- Barros, O. G. & R. Cintra. 2009. The effects of forest structure on occurrence and abundance of three owl species (Aves: Strigidae) in the Central Amazon forest. *Revista Brasileira de Zoologia* 26:86-95.
- Beattie, A. J., M. Hay, B. Magnusson, R. de Nys, J. Smeathers, and J. F. V. Vincent. 2011. Ecology and bioprospecting. *Austral ecology* 36:341-356.
- Beck, J. & W. Shwanghart. 2010. Comparing measures of species diversity from incomplete inventories: and update. *Methods in Ecology and Evolution* 1:38-44.
- Belmaker, J., Cooper, N., Lee, T.M. & Wilman, H. 2010. Specialization and the road to academic success. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8, 514-515.
- Berkley et al. 2001. Metacat: a schema-independent XML database system. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Scientific and Statistical Database Management*; 2001; Fairfax, Virginia USA. Fairfax: George Mason University, IEEE Computer Society. p. 171-179.)
- Costello MJ. 2009. Motivating online publication of data. *BioScience*, 59:418-427. <http://dx.doi.org/10.1525/bio.2009.59.5.9>
- Bernard, E., A. K. L. M. Albernaz & W. E. Magnusson. 2001. Bat species composition in three localities in the Amazon Basin. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36:177-184.
- Billick, I. 2010. Managing place-based data. Pp. 382-402 In I. Billick & M. V. Price (eds) *The Ecology of Place*. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA.
- Billick, I & M. V. Price (eds). 2010a. *The Ecology of Place*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Billick, I. & M. V. Price. 2010b. Building the capacity for research. Pp. 355-358 In I. Billick & M. V. Price (eds) *The Ecology of Place*. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA.
- Blackburn, S. 2006. *Plato's Republic*. Atlantic Monthly Press, New York.
- Bodanis, D. 2000. *E=MC2: a Biography of the World's Most Famous Equation*. Berkeley Publishing, New York.
- Bongers, F. 2001. Methods to assess tropical rain forest canopy structure: an overview. *Plant Ecology* 153:263-277.
- Borcad, D., F. Gillet & P. Legendre. 2011. *Numerical Ecology with R*. Springer, New York, NY, USA.
- Borda-da-Água, L., S. P. Hubbell & M. McCallister. 2002. Species-area curves, diversity indices, and species abundance distributions: a multifractal analysis. *American Naturalist* 159:138-155.
- Borgström, S. T., T. Elmqvist, P. Angelstam & C. Alfsen-Norodom. 2006. Scale mismatches in management of urban landscapes. *Ecology and Society* 11(2): 16. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art16/>.

- Bormann, F.H. & Likens, G.E. (1967). Nutrient cycling. *Science*, 155, 424–9.
- Braga-Neto, R., R. Luizão, W. E. Magnusson, G. Zuquim & C. V. de Castilho. 2008. Leaf litter fungi in a central Amazonian forest: the influence of rainfall, soil and topography on the distribution of fruiting bodies. *Biodiversity and Conservation* 17:2701-2712.
- Brandão, D. O. 2011. Comparação entre técnicas, escalas e esforços de amostragem na estimativa de luz e o efeito dos fatores bióticos e abióticos sobre sua disponibilidade no nível do sub-bosque de uma floresta tropical na Amazônia central. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Braschler, B., K. Mahood, N. Karenyi, K. J. Gaston & S. L. Chown. 2010. Realizing a synergy between research and education: how participation in ant monitoring helps raise biodiversity awareness in a resource-poor country. *Journal of Insect Conservation* 14:19-30.
- Brooks, T., G. A. B. Da Fonseca, and A. S. L. Rodrigues. 2004. Species, Data, and Conservation Planning. *Conservation Biology* 18:1682–1688.
- Brown, J., L. Bach, A. Aldous, A. Wyers & J. DeGagné. 2011a. Groundwater-dependent ecosystems in Oregon: an assessment of their distribution and associated threats. *Frontiers in Ecology and Environment* 9:97-102.
- Brown, G. P., B. L. Phillips & R. Shine. 2011b. The ecological impact of invasive cane toads on tropical snakes: field data do not support laboratory-based predictions. *Ecology* 92:422-431.
- Brun, L. M. V. 2008. Riqueza e abundância de anfíbios (Amphibia-Anura), Pantanal de Poconé, Município de Nossa Senhora do Livramento, Mato Grosso, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade), UFMT.
- Bryce, S.A., J.M. Omernik, & D.P. Larsen. 1999. Ecoregions - a geographic framework to guide risk characterization and ecosystem management: *Environmental Practice* 1:141-155.
- Buckland, S. T. 2006. Point transect surveys for songbirds: robust methodologies. *Auk* 123:345-357.
- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers & L. Thomas. 2001. *Introduction to Distance Sampling*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers & L. Thomas (eds). 2004. *Advanced Distance Sampling*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Buckland, S.T., Magurran, A.E., Green, R.E. & Fewster, R.M. 2005. Monitoring change in biodiversity through composite indices. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 360, 243–54.
- Buckland, S. T., A. J. Plumptre, L. Thomas & E. A. Rexstad. 2010. Design and analysis of line transect surveys for primates. *International Journal of Primatology*. 31:833-847.
- Bueno, A. S. 2008. Distribuição de aves de sub-bosque em uma floresta de terra firme na Amazônia central. 2008. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Bueno, A. S. 2010. Distribuição de aves de sub-bosque ao longo de gradientes ambientais na Amazônia central. Dissertação (Mestrado em Ecologia) INPA, Manaus, Amazonas.
- Bueno, A. S., R. S. Bruno, T. P. Pimentel, T. M. Sanaiotti & W. E. Magnusson. 2012. The width of riparian habitats for understory birds in the Amazon forest. *Ecological Applications* 22:722-734.
- Bugalho, M. N., M. C. Caldeira, J. S. Pereira, J. Aronson & J. G. Pausas. 2011. Mediterranean cork oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services. *Frontiers in Ecology and Environment* 9:278-286.
- Butler, S. 2007. Association between Mesoscale Tree Species Composition, Density and Size Class Distribution, and the Soil Characteristics, Topography and Fire History of Karawatha. Masters Thesis, Griffith University, Queensland, Australia.

- Calzado, J., M. Delibes, C. Keller, F. Palomares & W. E. Magnusson. 2008. First record of the bushy-tailed opossum, *Glironia venusta*, Thomas, 1912, (Didelphimorphia) from Manaus, Amazonas, Brazil. *Acta Amazonica* 38:807-810.
- Campos, V. A. 2012. Anfíbios da RPPN SESC Pantanal (Barão de Melgaço, Mato Grosso, Brasil): efeitos de variáveis ambientais sobre a estrutura de comunidade. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade), UFMT.
- Caro, T. 2010. Conservation by Proxy: Indicator, Umbrella, Keystone, Flagship, and Other Surrogate Species. Page 400p. (T. Caro, Ed.). Island Press, Washington.
- Carpenter, J. 2011. May the best analyst win. *Science* 331:698-699.
- Carvalho, E. A. R., A. P. Lima, W. E. Magnusson & A. L. K. M. Albernaz. 2008. Long-term effect of forest fragmentation on the Amazonian gekkonid lizards, *Coleodactylus amazonicus* and *Gonatodes humeralis*. *Austral Ecology* 33:723-729.
- Carvalho, R. A., M. C. Cianciaruso, J. trindade-Filho, M. D. Sagnori, R. D. Loyola. 2010. Drafting a blueprint for functional and phylogenetic diversity conservation in the Brazilian Cerrado. *Natureza & Conservação* 8:171-176.
- Casanoves, F., L. E. Pla & J. A. Di Rienzo. 2011. FDiversity: an integrated tool to estimate and analyze functional diversity. *Bulletin of the Ecological Society of America* April 2011:147-152.
- Castilho, C. V., W. E. Magnusson, R. O. de Araújo, R. C. C. Luizão, F. J. Luizão, A. P. Lima & N. Higuchi. 2006. Variation in aboveground tree biomass in a central Amazonian forest: effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management* 234:85-96.
- Castilho C. V., W. E. Magnusson, R. N. O. de Araújo & F. J. Luizão. 2010. Short-term temporal changes in tree live biomass in a central Amazonian forest, Brazil. *Biotropica* 42:95-103.
- Caughley, G. 2004. Analysis of Vertebrate Populations. Caldwell, NJ: Blackburn Press.
- Cavalcante, C.O. 2009. Distribuição espacial de leguminosas herbáceas em duas áreas de savanas de Roraima. Masters Thesis, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, Roraima, Brazil.
- Chauvel, A., Y. Lucas & R. Boulet. 1987. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, central Amazonia, Brazil. *Experientia* 43:234-241.
- Chave, J., H. Muller-Landau, T. R. Baker, T. A. Easdale, H. ter Steege & C. O. Webb. 2006. Regional and phylogenetic variation in wood density across 2456 Neotropical tree species. *Ecological Applications* 2356-2367.
- Chazdon, R. L. & C. B. Field. 1987. Photographic estimation of photosynthetically active radiation: evaluation of a computerized technique. *Oecologia* 73:525-532.
- Chelgren, N. D., M. J. Adams, L. L. Bailey & R. B. Bury. 2011. Using multilevel spatial models to understand salamander site occupancy after wildfire. *Ecology* 92:408-421.
- Chiozza, F., L. Boitani, and C. Rondinini. 2010. The Opportunity Cost of Conserving Amphibians and Mammals in Uganda. *Brazilian Journal of Nature Conservation* 8:177-183.
- Chupel, T.F. 2008. Efeito da cobertura vegetal e da topografia sobre a distribuição de marsupiais e roedores no Pantanal Norte. Dissertação: Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, UFMT.
- Cintra, R. & T. M. Sanaiotti. 2005. Fire effects on the composition of a bird community in an Amazonian Savanna (Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 65:29-41.
- Cintra, R. 2008. Aves. Pp. 77-85 In M. L. Oliveira, F. B. Baccaro, R. Braga-Neto & W. E. Magnusson (eds). *Reserva Ducke: A Biodiversidade Através de uma Grade*. Attena Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.
- Clark, J. S., P. Agarwal, D. M. Bell, P. G. Flikkema, A. Gelfand, X. Nguyen, E. Ward & J. Yang. 2011. Inferential ecosystem models, from network data to predictions. *Ecological Applications* 21:1523-1536.

- Clutton-Brock, T. & B. C. Sheldon. 2010. Individuals and populations: the role of long-term, individual-based studies of animals in ecology and evolutionary biology. *Trends in Ecology and Evolution* 25:562-573.
- Colwell, R. K., C. X. Mao & J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85:2717-2727.
- Colyvan, M., Linquist, S., Grey, W., Griffiths, P.E., Odenbaugh, J. & Possingham, H.P. (2009). Philosophical Issues in Ecology: Recent Trends and Future Directions. *Ecology and Society*, 14, 22.
- Condit, R. (1998). *Tropical Forest Census Plots: Methods and Results from Barro Colorado Island, Panama and a Comparison with Other Plots*. Springer-Verlag, Berlin.
- Condit, R. G., S. P. Hubbell, J. V. LaFrankie, R. Sukumar, N. Manokaran, R. B. Foster & P. S. Ashton. 1996. Species-area and species-individual relationships for tropical trees: a comparison of three 50-ha plots. *Journal of Ecology* 84:549-562.
- Condrati, L. H. 2009. Distribuição de espécies de anuros em zonas ripárias. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Cook, C. N., M. Hockings & R. W. Carter. 2010. Conservation in the dark? The information used to support management decisions. *Frontiers in Ecology and Environment* 8:181-186.
- Cordeiro, C. L. O. 2008. Estimativas de detecção de primatas e validação de modelos preditivos em duas unidades de conservação na Amazônia, Roraima, Brasil. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brazil.
- Costa, F. R. C. & W. E. Magnusson. 2010. The need for large-scale, integrated studies of biodiversity – the experience of the program for biodiversity research in Brazilian Amazônia. *Natureza & Conservação* 8:1-5.
- Costa, F. R. C., W. E. Magnusson & R. Luizão. 2005. Mesoscale distribution patterns of understorey herbs in relation to topography, soil and watersheds. *Journal of Ecology* 93:863-878.
- Costa, F., C. Castilho, D. P. Drucker, V. Kinupp, A. Nogueira & W. Spironello. 2008. Flora. Pp. 21-30 In M. L. Oliveira, F. B. Baccaro, R. Braga-Neto & W. E. Magnusson (eds). *Reserva Ducke: A Biodiversidade Através de uma Grade*. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.
- Costa, F. R. C., J.-L. Guillaumet, A. P. Lima & O. S. Pereira. 2009. Gradients within gradients: the mesoscale distribution patterns of palms in a central Amazonian forest. *Journal of Vegetation Science* 20:69-78.
- Costello M.J. 2009 Motivation of online data publication. *BioScience* 59 (5), 418-427.
- Craine, J.M., J. Battersby, A. J. Elmore & A. W. Jones. 2007. Building EDENS: the rise of environmentally distributed ecological networks. *Bioscience* 57:45-54.
- Crist et al. 2003
- Crist, T., J. A. Veech, J. C. Gering & K. S. Summerville. 2003. Partitioning species diversity across landscapes and regions: a hierarchical analysis of α , β and γ diversity. *American Naturalist* 162:734-743.
- Cunha, C. N., L. Rebellato & C. P. da Costa. 2010. Vegetação e flora: experiência pantaneira no sistema de grade. Pp. 37-57 In I. M. Fernandes, C. A. Signor & J. Penha (eds). *Biodiversidade no Pantanal de Poconé*. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.
- Curry, A. 2011. Rescue of old data offers lesson for particle physicists. *Science* 331:694-695.
- Curtin, C. G. 2010. The Ecology of Place and Natural Resource Management - Examples from marine and terrestrial ecosystems. Pages 251 – 274 in I. Billick and M. Price, editors. *The Ecology of Place: Contributions of Place-based Research to Ecological Understanding*. Columbia University Press.

- Daly, H. & J. Farley. 2011. *Ecological Economics*, 2nd Edition. Island Press, Washington DC, USA.
- Dallmeier, F. & J. A. Comiskey (eds). 1998. *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling*. UNESCO, Paris, France.
- Davis, A. & K. Ruddle. 2010. Constructing confidence: rational skepticism and systematic enquiry in local ecological knowledge research. *Ecological applications* 20:880-894.
- Dawkins, R. 1989. *The Selfish Gene*. 2nd edn. Oxford University Press, USA, Oxford.
- Dawkins, R. 2006. *The God Delusion*. Bantam Press, London, UK.
- de By, R. A., D. P. Drucker & J. L. C. dos Santos. 2008. Base de dados para inventários da biodiversidade. Pp. 145-160 In M. L. de Oliveira, F. B. Baccaro, R. Braga-Neto & W. E. Magnusson (eds). *Reserva Ducke: A Biodiversidade Através de uma Grade*. Attema Design Editorial, Manaus, Amazonas, Brazil.
- DeFries, R., F. Rovero, P. Wright, J. Ahumada, S. Andelman, K. Brandon, J. Dempewolf, A. Hansen, J. Hewson & J. Liu. 2010. From plot to landscape scale: linking tropical biodiversity measurements across spatial scales. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8:153-160.
- Dengler, J., S. Löbel & C. Dolnik. 2009. Species constancy depends on plot size – a problem for vegetation classification and how it can be solved. *Journal of Vegetation Science* 20:754-766.
- Dengler, J., Jansen, F., Glöckler, F., Peet, R. K., De Cáceres, M., Chytrý, M., Ewald, J., Oldeland, J., Lopez-Gonzalez, G., Finckh, M., Mucina, L., Rodwell, J. S., Schaminée, J. H. J. and Spencer, N. (2011), *The Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD): a new resource for vegetation science*. *Journal of Vegetation Science*, 22: 582–597.
- Diamond, J.M. 1999. *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*. W. W. Norton & Company.
- Dias, M. S., W. E. Magnusson & J. Zuanon. 2009. Effects of reduced-impact logging on fish assemblages in central Amazonia. *Conservation Biology* 24:278-286.
- Diggle, P. 1983. *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. Academic Press, London, UK.
- Dobrowski, S. Z., J. H. Thorne, J. A. Greenberg, H. D. Safford, A. R. Mynsberge, S. M. Crimmins & A. K. Swanson. 2011. Modeling plant ranges over 75 years of climate change in California, USA: temporal transferability and species traits. *Ecological Monographs* 81:241-257.
- Doidge, N. 2010. *The Brain that Changes Itself*. Scribe Publications, Carlton North, Victoria, Australia.
- Drew, J. 2011. The role of natural history institutions and bioinformatics in conservation biology. *Conservation Biology* 25:1250-1252.
- Drucker, D. P.; F. R. C. Costa & W. E. Magnusson. 2008. How wide is the riparian zone of small streams in tropical forests? A test with terrestrial herbs. *Journal of Tropical Ecology* 24:65-74.
- Dunn, E. H. & J. Ralph. 2004. Use of mist nets as a tool for bird population monitoring. *Studies in Avian Biology* 29:1-6.
- Durgante, F. M.; Higuchi, N.; Vicentini, A.; Almeida, A. 2013. Species Spectral Signature: Discriminating closely related plant species 3 in the Amazon with Near-Infrared Leaf-Spectroscopy. *Forest Ecology and Management*, 291: 240-248.
- Eideman, S. & Crandall, C.S. 2009. A psychological advantage of the status quo. In: *Social and Psychological Bases of Ideology and System Justification* (eds. Jost, J.T., Kay, A.C. & Thorisdottir, H.). Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 85–106.
- Eickhout, B., H. van Meijl, A. Tabeau & T. Rheenens. 2006. Economic and ecological consequences of four European land use scenarios. *Land Use Policy* 24:562-575.
- Ekstrom, J. A. & O. R. Young. 2009. Evaluating functional fit between a set of institutions and an ecosystem. *Ecology and Society* 14(2):16.[online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art16>

- Elbroch, M., T. H. Mwampamba, M. J. Santos, M. Zylberberg, L. Liebenberg, J. Minye, C. Mosser, & E. Reddy. 2011. The value, limitations, and challenges of employing local experts in conservation research. *Conservation Biology* 25:1195-1202.
- Ellison, A. M. 2010. Repeatability and transparency in ecological research. *Ecology* 91:2536-2539.
- Eloy, L. 2008. Resiliência dos sistemas indígenas de agricultura itinerante em contexto de urbanização no noroeste da Amazônia brasileira. *Confins* 2 [online] <http://confins.revues.org/1332>.
- Esbérard, C. E. L. & H. G. Bergallo. 2008. Influência do esforço amostral na riqueza de espécies de morcegos no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 25:67-73.
- Espírito-Santo, H. M. V., W. E. Magnusson, J. Zuanon, F. P. Mendonça & V. L. Landeiro. 2009. Seasonal variation in the composition of fish assemblages in small Amazonian forest streams: evidence for predictable changes. *Freshwater Biology* 54:536-548.
- Espírito-Santo, H. M. V., W. E. Magnusson, J. Zuanon & T. Emílio. 2011. Short-term impacts of fish removal from small Amazonian forest streams. *Biotropica* 43:529-532.
- Euliss, N. H., L. M. Smith, S. Liu, W. G. Duffy, S. P. Faulkner, R. A. Gleason & S. D. Eckles. 2011. Integrating estimates of ecosystem services from conservation programs and practices into models for decision makers. *Ecological Applications* 21 (Supplement):S128-S134.
- Evans, J. A. & J. G. Foster. 2011. Metaknowledge. *Science* 331:721-725.
- Evenhuis, N. L. 2007. Helping solve the "other" taxonomic impediment: Completing the Eight Steps to Total Enlightenment and Taxonomic Nirvana. *Zootaxa* 1407:3-12.
- Ewes, R. M., J. P. W. Scharlemann, A. Balmford & E. R. Grenn. 2009. Do increase in agricultural yield spare land for nature. *Global Change Biology* 15:1716-1726.
- Eymann, J., J. Degreef, Ch. Häuser, J. C. Monje, Y. Samyn & D. VandenSpiegel (Eds). 2010. Manual on Field Recording Techniques and Protocols for All Taxa Biodiversity Inventories (ATBIs). *Abctaxa* 8 (1,2) <http://www.abctaxa.be/volumes/volume-8-manual-atbi>
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 34:487-515.
- Faith, D. 1992. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation* 61:1-10.
- Faith, D. P., and P. A. Walker. 1996. Environmental diversity: on the best-possible use of surrogate data for assessing the relative biodiversity of sets of areas. *Biodiversity and Conservation* 5:399-415.
- Faria, A. S., A. P. Lima & W. E. Magnusson. 2004. The effects of fire on behavior and relative abundance of the lizard species in an Amazonian savanna. *Journal of Tropical Ecology* 20:591-594.
- Feeley, K. J., S. J. Davies, R. Perez, S. P. Hubbell & R. B. Foster. 2011. Directional changes in the species composition of a tropical forest. *Ecology* 92:871-882.
- Fegraus et al. 2005. Maximizing the value of ecological data with structured metadata: An introduction to ecological metadata language (EML) and principles for metadata creation. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 86:158-168.
- Feinsinger, P., S. Álvarez, G. Carreño, E. Rivera, R. L. Cuellar, A. Noss, F. Daza, M. Figuera, E. Lanz, L. García, M. Cañizares, A. Alegre & A. Roldán. 2010. Local people, scientific inquiry, and the ecology and conservation of place in Latin America. Pp. 403-428 In I. Billick & M. V. Price (eds) *The Ecology of Place*. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA.
- Feinsinger, P. 2001. *Designing Field Studies for Biodiversity Conservation*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Feinsinger, P., Álvarez, S., Carreño, G., Rivera, E., Cuellar, R.L., Noss, A., et al. 2010. Local people, scientific inquiry, and the ecology and conservation of place in Latin America. In: *The Ecology of Place* (eds. Billick, I. & Price, M.V.). University of Chicago Press, Chicago, IL, USA, pp. 403-428.

- Ferguson, M.J., Carter, T.J. & Hassin, R.R. 2009. On the automaticity of nationalist ideology: the case of the USA. In: *Social and Psychological Bases of Ideology and System Justification* (eds. Jost, J.T., Kay, A.C. & Thorisdottir, H.). Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 53–82.
- Fernandes, I. M., J. Zuanon & J. Penha. 2010. Peixes. Pp. 105-117 In I. M. Fernandes, C. A. Signor & J. Penha (eds). *Biodiversidade no Pantanal de Poconé*. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.
- Ferraro, P. J. 2011. The future of payments for environmental services. *Conservation biology* 25:1134–8.
- Ferraz, G., C. E. Marinelli, and T. E. Lovejoy. 2008. Biological Monitoring in the Amazon: Recent Progress and Future Needs. *Biotropica* 40:7–10.
- Ferrier, S. & A. Guisan. 2006. Spatial modelling of biodiversity at the community level. *Journal of Applied Ecology* 43:393-404.
- Ficetola, G. F., Bonin, A., Miaud, C. 2008. Population genetics reveals origin and number of founders in a biological invasion. *Molecular Ecology*, 17: 773–782.
- Fink, D., W. M. Hochachka, B. Zuckerberg, D. W. Winkler, B. Shaby, M. A. Munson, G. Hooker, M. Riederwald, D. Sheldon & S. Kelling. 2010. Spatiotemporal exploratory models for broad-scale survey data. *Ecological Applications* 20:2131-2147.
- Fisher, J. I., G. C. Hurtt, Q. Thomas & J. Q. Chambers. 2008. Clustered disturbances lead to bias in large-scale estimates based on forest sample plots. *Ecology Letters* 11:554-563.
- Foley, W. J., A. McIwee, I. Lawler, L. Aragonés, A. P. Woolnough & N. Berding. 1998. Ecological Applications of near infrared reflectance spectroscopy – a tool for rapid, cost-effective prediction of composition of plant and animal tissues and aspects of animal performance. *Oecologia* 116:293-305.
- Fontana, C.S., Burger, M.I., Magnusson, W.E. 2011. Bird diversity in a subtropical South-American City: effects of noise levels, arborisation and human population density. *Urban Ecosystems*, 14:341-360.
- Fortin, M.-J. & M. Dale. 2005. *Spatial Analysis: A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Fox, P. & J. Hendler. 2011. Changing the equation on scientific data visualization. *Science* 331:705-708.
- Fraga, F. 2009. Distribuição espacial de serpentes na Reserva Ducke. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Fraga, R. ; A. P. Lima & W. E. Magnusson. 2011. Mesoscale spatial ecology of a tropical snake assemblage: the width of riparian corridors in central Amazonia. *Herpetological Journal* 21:51-57.
- Franklin, E. , W. E. Magnusson & F. J. Luizão. 2005. Relative effects of biotic and abiotic factors on the composition of soil invertebrate communities in an Amazonian savannah. *Applied Soil Ecology* 29:259-273.
- Franklin, E., N. O. Aguiar & E. D. L. Soares. 2008. Invertebrados do solo. Pp. 109-122 In M. L. Oliveira, F. B. Baccaro, R. Braga-Neto & W. E. Magnusson (eds). *Reserva Ducke: A Biodiversidade Através de uma Grade*. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.
- Freitas, S. R., C. L. Neves, and P. Chernicharo. 2006. Tijuca National Park: two pioneering restorationist initiatives in Atlantic forest in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66:975–982.
- Galford, G. L., J. M. Melillo, D. W. Kicklighter, J. F. Mustard, T. W. Cronin, C. E. P. Cerri & C. C. Cerri. 2011. Historical carbon emissions and uptake from the agricultural frontier of the Brazilian Amazon. *Ecological Applications* 21:750-763.
- Gallison, P. 2003. *Einstein’s Clocks, Poincaré’s Maps: Empires of Time*. W. W. Norton & Company, London, UK.

- Gardner, T.A., Barlow, J., Araujo, I.S., Avila-Pires, T.C., Bonaldo, A.B., Costa, J.E., et al. 2008. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecology letters*, 11, 139–50.
- Gardner, T. 2010. *Monitoring Forest Biodiversity: Improving Conservation Through Ecologically Responsible Management*. Page 360p (T. Gardner, Ed.). Earthscan.
- Gardner, T. A., J. Barlow, I. S. Araujo, T. C. Avila-Pires, A. B. Bonaldo, J. E. Costa, M. C. Esposito, L. V. Ferreira, J. Hawes, M. I. M. Hernandez, M. S. Hoogmoed, R. N. Leite, M. F. Lo-Man-Hung, J. R. Malcolm, M. B. Martins, L. A. M. Mestre, R. Miranda-Santos, W. L. Overal, L. Parry, S. L. Peters, M. A. Ribeiro-Junior, M. N. F. da Silva, C. da S. Motta & C. A. Peres. 2008. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecology Letters* 11:139-150.
- Gaston, K. J. & A. S. L. Rodrigues. 2002. Reserve selection in regions with poor biological data. *Conservation Biology* 17:188-195.
- Geissler, P. H. & M. R. Fuller. 1987. Estimation of the proportion of an area occupied by an animal species. *Proceedings of the Section on Survey Research of the American Statistical Association* 1986:533-538.
- Gemeinholzer, B., I. Rey, K. Weising, M. Grundmann, A. N. Muellner, H. Zetsche, G. Droege, O. Seberg, G. Petersen, D. Rawson & L. Weigt. 2010. Organizing specimen and tissue preservation in the field for subsequent molecular analyses. *Abctaxa* 8:129-157.
- Gerard, F., B. Wyatt, A. Millington & J. Wellens. 1998. The role of data from intensive sample plots in the development of a new method of mapping tropical forest types using satellite imagery. Pp. 141 -181 In F. Dallmeier & J. A. Comiskey (eds). 1998. *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling*. UNESCO, Paris, France.
- Geupel, G. R., D. Humple, and L. J. Roberts. 2011. Monitoring decisions: not as simple as they seem? *Trends in Ecology & Evolution* 26:107.
- Ghizoni, I. R., V. M. Layme, A. P. Lima & W. E. Magnusson. 2005. Spatially explicit population dynamics in a declining population of the tropical rodent, *Bolomys lasiurus*. *Journal of Mammalogy* 86:677-682.
- Goffredo, S., F. Pena, P. Neri, A. Orlandi, M. S. Gagliardi, A. Velardi, C. Piccinetti & F. Zaccanti. 2010. Unite research with what citizens do for fun: "recreational monitoring" of marine biodiversity. *Ecological Applications* 20:2170-2187.
- Gomes, J.O. & Albernaz, A. L. 2013. O Distrito Florestal Sustentável da BR-163: dinâmicas sociais, mudanças ambientais e produção florestal. In: *O Distrito Florestal da BR 163: Resultados do Projeto MCTI-EMBRAPA*. Ana Luisa Albernaz (org), Belém, Museu Paraense Emilio Goeldi, 400p.
- Goodall, D. W. 1952. Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation. *Australian Journal of Scientific Research, Series B* 5:1-41.
- Goodman, B. A. & P. T. J. Johnson. 2011. Ecomorphology and disease: cryptic effects of parasitism on habitat use, thermoregulation, and predator avoidance. *Ecology* 92:542-548.
- Goralewski, K. B. N. 2008. A influência do delineamento amostral nas estimativas de riqueza e composição de espécies de anfíbios nas margens do alto Rio Madeira (Rondônia, Brasil). Masters Thesis. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Gordo, M., F. Rodrigues, M. D. Vidal & W. R. Spironello. 2008. Pp. 39-49 In M. L. de Oliveira, F. B. Baccaro, R. Braga-Neto & W. E. Magnusson (eds). *Reserva Ducke: A Biodiversidade Através de uma Grade*. Attema Design Editorial, Manaus, Amazonas, Brazil.
- Gore, A. 2007. *Earth in the Balance: Forging a New Common Purpose*. Earthscan. London, UK.
- Gotelli, N. 2004. A taxonomic wish-list for community ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B* 359:585-597.

- Grainger, A., D. H. Boucher, P. C. Frumhoff, W. F. Laurance, T. Lovejoy, J. McNeely, M. Niekisch, P. Raven, N. S. Sodhi, O. Venter & S. L. Pimm. 2011. Biodiversity and REDD at Copenhagen. *Current Biology* 19:R974-6.
- Grant, P. & B. R. Grant. 2010. Ecological insights into the causes of an adaptive radiation from long-term field studies of Darwin's finches. Pp. 109-133 In I. Billick, & M. V. Price (eds) *The Ecology of Place*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Groombridge, B. (ed). 1992. *Global Biodiversity*. Chapman & Hall, London, UK.
- Guimarães, F. W. S. 2004. Distribuição de espécies de Herpetofauna de ladeira na Amazônia Central: influência de fatores ambientais em uma meso-escala espacial. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Haberl, H., Winiwarter, V., Anderson, K., Ayres, R.U., Boone, C., Castillo, A., et al. 2006. Ecology and Society: From LTER to LTSER: Conceptualizing the Socioeconomic Dimension of Long-term Socioecological Research. *Ecology and Society*, 11, 30.
- Haidt, J. & Graham, J. 2009. Planet of the Durkheimians, where community, authority and sacredness are foundations of morality. In: *Social and Psychological Bases of Ideology and System Justification* (eds. Jost, J.T., Kay, A.C. & Thorisdottir, H.). Oxford, UK, pp. 371-401.
- Hale, S.S. 1999. How To Manage Data Badly (Part 1). *Bulletin of the Ecological Society of America*, 80 (4):265-268.
- Hamer, A. J. & K. M. Parris. 2011. Local and landscape determinants of amphibian communities in urban ponds. *Ecological Applications* 21:378-390.
- Hansen, A. J., R. L. Knight, J. M. Marzluff, S. Powell, K. Brown, P.H. Gude & K. Jones. 2005. Effects of exurban development on biodiversity: patterns, mechanisms, and research needs. *Ecological Applications* 15:1893-1905.
- Hanson, B., A. Sugden & B. Alberts. 2011. Making data maximally available. *Science* 331:649.
- Harrison, S. & E. Bruna. 1999. Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure? *Ecography* 22:225-232.
- Haugaasen, T., & C. A. Peres. 2005. Primate assemblage structure in Amazonian flooded and unflooded forests. *American Journal of Primatology* 67:243-358.
- Haughland, D. L., J.-M. Hero, J. Schieck, J. G. Castley, S. Boutin, P. Sólymos, B. E. Lawson, G. Holloway, and W. E. Magnusson. 2010. Planning forwards: biodiversity research and monitoring systems for better management. *Trends in Ecology & Evolution* 25:199-200.
- Hauser, M. (2006). *Moral Minds: How Nature Designed Our Universal Sense of Right and Wrong*. Harper-Collins Publishers, New York, NY, USA.
- Hawken, P. 2007. *Blessed Unrest*. Viking, New York, NY, USA.
- Hero, J.-M., Castley, G., Malone, M.M., Lawson, B.E. & Magnusson, W.E. 2010. Long-term ecological research in Australia: innovative approaches for future benefits. *Australian Zoologist*, 35, 90-102.
- Hewitt, J. E., S. F. Thrush, P. K. Dayton & E. Bonsdorff. 2007. The effect of spatial and temporal heterogeneity on the design and analysis of empirical studies of scale-dependent systems. *American Naturalist* 169:398-408.
- Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek & M. S. Foster (eds). 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- Higgins D, Berkley C & Jones MB, 2002. Managing heterogeneous ecological data using Morpho. In: *Proceedings of the 14th International Conference on Scientific and Statistical Database Management*, 2002; Edinburgh, Scotland, UK. Edinburgh: IEEE Computer Society

- Hill, J.K. and Hamer, K.C. 2004. Determining impacts of habitat modification on diversity of tropical forest fauna: the importance of spatial scale. *Journal of Applied Ecology*, 41 (4). pp. 744-754.
- Holland, R. A., F. Eigenbrod, P.R. Armsworth, B. J. Anderson, C. D. Thomas, and K. J. Gaston. 2011. The influence of temporal variation on relationships between ecosystem services. *Biodiversity and Conservation* 20:3285–3294.
- Holling, C. S. 1978. *Adaptive Environmental Assessment and Management*. John Wiley and Sons, New York, NY, USA.
- Hothorn, T., J. Müller, B. Schröder, T. Kneib & R. Brandl. 2011. Decomposing environmental, spatial, and spatiotemporal components of distributions. *Ecological Monographs* 81:329-347.
- Huang, X. & G. Qiao. 2011. Biodiversity databases should gain support from journals. *Trends in Ecology and Evolution* 26:377-378.
- Hubbell, S. P. 2001. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.
- Hubbell, S. P. 2005. Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Functional Ecology* 19:166-172.
- Hubbell, S. P. 2010. To know a tropical forest. Pp. 327-351 In I. Billick, & M. V. Price (eds) *The Ecology of Place*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Huerte, A. R., K. Didan, Y. E. Shimabukuro, P. Ratana, S. R. Saleska, L. R. Hutya, W. Yang, R. Nemani & S.R. Myneni. 2006. Amazon forests green-up with sunlight in dry season. *Geophysical Research Letters* 33, L06405, doi: 10.1029/2005GL025583.
- Huey, R. B., E. R. Pianka, & T.W. Schoener (eds.) 1983. *Lizard Ecology: Studies of a Model Organism*. Harvard University Press, Harvard, USA.
- Hull, K. Wolstencroft, R. Stevens, C. Goble, M. Pocock, P. Li, and T. Oinn, "Taverna: a tool for building and running workflows of services" *Nucleic Acids Research*, vol. 34, Web Server issue, pp. 729-732, 2006.
- Jansen, F. & J. Dengler. 2010. Plant names in vegetation databases – a neglected source of bias. *Journal of Vegetation Science* 21:1179-1186.
- Janzen, D.H. 2004. Setting up tropical biodiversity for conservation through non-damaging use: participation by parataxonomists. *Journal of Applied Ecology*, 41, 181–187.
- Janzen D. H., M. Hajibabaei, J. > Burns, W. Hallwachs, E. Remigio, P. D. N. Hebert. 2005. Wedding biodiversity inventory of a large and complex Lepidoptera fauna with DNA barcoding. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360:1835–1846.
- Jaramillo, C., D. Ochoa, L. Contreras, M. Pagani, H. Carvajal-Ortiz, L. M. Pratt, S. Krishnan, A. Cardona, M. Romero, L. Quiroz, G. Rodriguez, M. J. Rueda, F. de La Parra, S. Morón, W. Green, G. Bayona, C. Montes, O. Quintero, R. Ramirez, G. Mora, S. Schouten, H. Bermudez, R. Navarette, F. Parra, M. Alvarán, J. Osorno, J. L. Crowley, V. Valencia & J. Vervoort. 2010. Effects of rapid global warming at the Paleocene-Eocene boundary on Neotropical vegetation. *Science* 330:957-961.
- Jerde, C. L., Mahon, A. R., Chadderton, W. L. and Lodge, D. M. 2011. "Sight-unseen" detection of rare aquatic species using environmental DNA. *Conservation Letters*, 4: 150–157.
- Jones, M. B., M. P. Schildhauer, O. J. Reichman & S. Bowers. 2006. The new bioinformatics: integrating ecological data from the gene to the biosphere. *Annual Review of Ecology and Systematics* 37:519-544.
- Jordan, R. C., S. A. Gray, D. V. Howe, W. R. Brooks & J. G. Ehrenfeld. 2011. Knowledge gain and behavioral change in citizen-science programs. *Conservation Biology* 25:1148-1154.
- Jost, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88:2427-2439.

- Jost, J.T., Kay, A.C. & Thorisdottir, H. 2009. Social and Psychological Bases of Ideology and System Justification. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Kahn, S. D. 2011. On the future of genomic data. *Science* 331:728-729.
- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5:173-185.
- Kelly, D. 1994. The evolutionary ecology of masting. *Trends in Ecology and Evolution* 9:465-470.
- King, G. 2011. Ensuring the data-rich future of the social sciences. *Science* 331:719-721.
- Kinupp, V. F. & W. E. Magnusson. 2005. Spatial patterns in the understory shrub genus *Psychotria* in central Amazonia: effects of distance and topography. *Journal of Tropical Ecology* 21:1-12.
- Kinupp, V. F. 2002. Riqueza, abundância dos gêneros *Psychotria* L. e *Palicourea* Aublet (Rubiaceae) na Reserva Florestal Adolfo Ducke, Manaus - AM,. 2002. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Knight, R. L., G. N. Wallace & W. E. Riebsame. 1995. Ranching the view: subdivisions versus agriculture. *Conservation Biology* 9:459-461.
- Koenig, W. D., L. Ries, B. K. Olsen & A. M. Liebhold. 2011. Avian predators are less abundant during periodical cicada emergences, but why? *Ecology* 92:784-790.
- Krebs, C. J. 2010. Case studies and ecological understanding. Pp. 283-302 In I. Billick, & M. V. Price (eds) *The Ecology of Place*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Kroupa, A. & D. Remsen 2010. Individual records and the associated data: information standards and protocols. *Abctaxa* 8:17-67.
- Kulhanek, S. A., A. Ricciardi & B. Leung. 2011. Is invasion history a useful tool for predicting the impacts of the world's worst aquatic invasive species? *Ecological Applications* 21:189-202.
- Kwok, A.B.C., Eldridge, D.J. & Oliver, I. 2011. Do landscape health indices reflect arthropod biodiversity status in the eucalypt woodlands of eastern Australia? *Austral Ecology*, 36, 800-813.
- Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos* 76:5-13.
- Landeiro, V. L. & Magnusson, W. E. 2011. The geometry of spatial analyses: implications for conservation biologists. *Natureza & Conservação* 9(1): 7-20.
- Landeiro, V. L., W. E. Magnusson, A. S. Melo, H. M. V. Espírito-Santo & L. M. Bini. 2011. Spatial eigenfunction analyses in stream networks: do watercourse and overland distances produce different results? *Freshwater Biology* 56:1184-1192.
- Landeiro, V. L., Bini, L. M., Costa, R. F. C., Franklin, E., Nogueira, A., Souza, J. L. P., Morais, J. & Magnusson, W. E. 2012a. How far can we go in simplifying biomonitoring assessments? An integrated analysis of taxonomic surrogacy, taxonomic sufficiency and numerical resolution in a megadiverse region. *Ecological Indicators* 23. 366-373.
- Landeiro, V. L., Bini, L. M., Melo, A. S., Pes, A. M. O. and Magnusson, W. E. 2012b. The roles of dispersal limitation and environmental conditions in controlling caddisfly (Trichoptera) assemblages. *Freshwater Biology*, 57: 1554-1564.
- Laurance, S. G. W., W. F. Laurance, A. Andrade, P. M. Fearnside, K. E. Harms, A. Vicentini & R. C. C. Luizão. 2010. Influence of soils and topography on Amazonian tree diversity. *Journal of Vegetation Science* 21:96-106.
- Laurance, W. F., J. L. C. Camargo, R. C. C. Luizão, S. G. Laurance, S. L. Pimm, E. M. Bruna, P. C. Stouffer, G. B. Williamson, J. Benítez-Malvido, H. L. Vasconcelos, K. S. Van Houtan, C. E. Zartman, S. A. Boyle, R. K. Didham, A. Andrade & T. E. Lovejoy. 2011. The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. *Biological Conservation* 144:56-67.
- Lavine, M. 2010. Living dangerously with big fancy models. *Ecology*, 91, 3487.

- Lawton, J. H. 1999. Size matters. *Oikos* 85:19-21.
- Layme, V. M. G., A. P. Lima & W. E. Magnusson. 2004. Effects of fire, food availability and vegetation on the distribution of the rodent *Bolomys lasiurus* in an Amazonian savanna. *Journal of Tropical Ecology* 20:183-187.
- Legendre, P. & L. Legendre. 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Lehrer, J. 2010. The truth wears off: is there something wrong with the scientific method. *The New Yorker*. <http://www.newyorker.com/reporting/>.
- Leponce, M., C. Meyer, C. L. Hauser, P. Bouchet, J. Delabie, L. Weigt & Y. Basset. 2010. Challenges and solutions for planning and implementing large-scale biotic inventories. *Abctaxa* 8:16-48.
- Levin, S. A. 1995. The problem of pattern and scale in ecology. Pp. 277-326 In T. M. Powell & J. H. Steele (eds) *Ecological Time Series*, Chapman and Hall, New York, NY, USA.
- Likens, G.E. & Lindenmayer, D.B. 2011. A strategic plan for an Australian Long-Term Environmental Monitoring Network. *Austral Ecology*, 36, 1-8.
- Likens, G. 1983. A priority for ecological research. *Bulletin Ecological Society of America* 64:234-243.
- Likens, G. E. 2010. The role of science in decision making: does evidence-based science drive environmental policy? *Frontiers in Ecology and Environment* 8:e1-e9. doi: 10.1890/090132.
- Lima, A. P., W. E. Magnusson, M. Menin, L. K. Erdtmann, D. J. Rodrigues, C. Keller & W. Hödl. 2008. *Guia de Sapos da Reserva Adolpho Ducke: Amazônia Central*. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.
- Lima, T. T. S., I. S. Miranda & S. S. Vasconcelos. 2010. Effects of water and nutrient availability on fine root growth in eastern Amazonian forest regrowth, Brazil. *New Phytologist* 187:622-630.
- Lima, A.P., Erdtmann, L.K., Ferrão, M., Costeira, J.M., Oliveira, A.S., Oliveira, D.M.S. 2012. SAPOTECA: biblioteca de sons e vídeos de anuros amazônicos. CENBAM, Manaus, Amazonas, Brasil. <http://ppbio.inpa.gov.br/sapoteca/nomedasespecies>
- Lindenmayer, D. B., and G. E. Likens. 2009. Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. *Trends in Ecology & Evolution* 24:482-6.
- Lindenmayer, D. B., and G. E. Likens. 2010. *Effective Ecological Monitoring*. Page 184p. CSIRO PUBLISHING.
- Lindenmayer, D. B. and G. E. Likens. 2011. Losing the culture of ecology. *Bulletin Ecological Society of America* 92:245-246.
- Lindenmayer, D. B., G. E. Likens & J. F. Franklin. 2010. Rapid responses to facilitate ecological discoveries from major disturbances. *Frontiers in Ecology and Society* 8:527-532.
- Lindenmayer, D. B., J. Wood, L. McBurney, D. Michael, M. Crane, C. MacGreggor, R. Montague-Drake, P. Gibbons & S. C. Banks. 2011. Cross-sectional vs. longitudinal research: a case study of trees with hollows and marsupials in Australian forests. *Ecological Monographs* 81:557-580.
- Liu, F., D. J. Mladenoff, N. S. Keuler & L. S. Moore. 2011. Broadscale variability in the historical Public Land Survey and its consequences for ecological studies. *Ecological Monographs* 81:259-275.
- Lobão, P. S. P. 2008. *Associações no Uso do Hábitat por Cinco Espécies de Lagartos Amazônicos*. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Lookingbill, T. R., S. S. Kaushal, A. J. Elmore, R. Gardner, K. N. Eshleman, R. H. Hilderbrand, R. P. Morgan, W. R. Boynton, M. A. Palmer & W. C. Dennison. 2009. Altered ecological flows blur boundaries in urbanizing wetlands. *Ecology and Society* 14(2):10.[online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art10>.
- Lopes, M. J. do N., A. M. Pes, C. A. S. de Azevedo, P. Reis, D. L. V. Pereira, J. M. F. Ribeiro, N. Hamada, R. L. Ferreira-Keppler & J. A. Rafael. 2008. Pp. 123-129 In M. L. Oliveira, F. B.

- Baccaro, R. Braga-Neto & W. E. Magnusson (eds). Reserva Ducke: A Biodiversidade Através de uma Grade. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.
- Lourival, R., H. McCallum, G. Grigg, C. Arcangelo, R. Machado & H. Possingham. 2009. A systematic evaluation of the conservation plans for the Pantanal wetland in Brazil. *Wetlands*, Volume 29, Issue 4, pp 1189-1201.
- Lourival, R., Drechsler, M., Watts, M. E., Game, E. T. and Possingham, H. P. 2011. Planning for reserve adequacy in dynamic landscapes; maximizing future representation of vegetation communities under flood disturbance in the Pantanal wetland. *Diversity and Distributions*, 17: 297–310.
- Louzada, J., A. P. Lima, R. Matavelli, L. Zambaldi e J. Barlow. 2010. Community structure of dung beetles in Amazonian savannas: role of fire disturbance, vegetation and landscape structure. *Landscape Ecology* 25:631-641.
- Luizão, R. C. C., F. J. Luizão, R. Q. Paiva, T. F. Monteiro, L. S. Souza & B. Kruijt. 2004. Variation in carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in central Amazonian forest. *Global Change Biology* 10:592-600.
- Lund, H. G., V. A. Rudis & K. W. Stolte. 1998. Plots, pixels, and partnerships: prospects for mapping, monitoring, and modeling biodiversity. Pp. 79-99 In F. Dallmeier & J. A. Comiskey (eds). 1998. *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling*. UNESCO, Paris, France.
- Luo, Y. & D. Schimel. 2011. Model improvement via data assimilation toward ecological forecasting. *Ecological Applications* 21:1427-1428.
- Lynch C. 2008. How do your data grow. *Nature* 455:28–29.
- MacArthur, R.H. & E. O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.
- Machiavelli, N. 1532. *Il Principe*. Antonio Blado d'Ásola, Florence, Italy.
- Mack, R. N., D. Simberloff, W. M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout & F. Bazzaz. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Issues in Ecology* 5:1-20.
- MacKenzie, D. I., J. D. Nichols, G. B. Lachman, S. Droege, J. A. Royle & C. A. Langtimm. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83:2248-2255.
- Magnusson, J. 1995. The invisible present. In: *Ecological Time Series* (eds. Powell, T.M. & Steele, J.H.). Chapman and Hall, New York, NY, USA, pp. 448–464.
- Magnusson, W. E. ; Lima, Albertina P ; Faria, A. S. ; Victoria, R. L. ; Martinelli, L. A. 2001. Size and carbon acquisition in lizards from Amazonian savanna: evidence from isotope analysis. *Ecology* 82:1772-1780.
- Magnusson, W. E. & G. Mourão. 2004. *Statistics without Math*. Sinauer, Sunderland, USA.
- Magnusson, W. E. 2001. Catchments as basic units of management in conservation biology courses. *Conservation Biology* 15:1464-1465.
- Magnusson, W. E. 2004. Ecoregion as a pragmatic tool. *Conservation Biology* 18:4-5.
- Magnusson, W. E., M. C. de Araújo, R. Cintra, A. P. Lima, L. A. Martinelli, T. M. Sanaiotti, H. L. Vasconcelos & R. L. Victoria. 1999a. Contributions of C₃ and C₄ plants to higher trophic levels in an Amazonian savanna. *Oecologia* 119:91-96.
- Magnusson, W. E., A. P. Lima, J.-M. Hero & M. C. Araújo. 1999b. The rise and fall of a population of *Hyla boans*: reproduction in a neotropical gladiator frog. *Journal of Herpetology* 33:647-656.
- Magnusson, W. E., A. P. Lima, A. S. Faria, R. L. Victoria & L. A. Martinelli. 2001. Size and carbon acquisition in lizards from Amazonian savanna: evidence from isotope analysis. *Ecology* 82:1772-1780.
- Magnusson, W. E., T. M. Sanaiotti, A. P. Lima, L. A. Martinelli, R. L. Victoria, M. C. de Araújo & A. L. Albernaz. 2002. A comparison of $\delta^{13}\text{C}$ ratios of surface soils in savannas and forests in Amazonia. *Journal of Biogeography* 29:857-863.

- Magnusson, W. E., A. P. Lima, R. Luizão, F. Luizão, F. R. C. Costa, C. V. de Castilho, and V. F. Kinupp. 2005. RAPELD: a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica* 5:19–24.
- Magnusson, W. E., F. Costa, A. Lima, F. Baccaro, R. Braga-Neto, R. Laerte Romero, M. Menin, J. Penha, J.-M. Hero, and B. E. Lawson. 2008a. A Program for Monitoring Biological Diversity in the Amazon: An Alternative Perspective to Threat-based Monitoring. *Biotropica* 40:409–411.
- Magnusson, W. E., A. P. Lima, A. K. L. M. Albernaz, T. M. Sanaiotti & J.-L. Guillaumet. 2008b. Composição florística e cobertura vegetal das savanas na região de Alter do Chão, Santarém - PA. *Revista Brasileira de Botânica* 31:165-177.
- Magnusson, W. E., V. M. G. Layme & A. P. Lima. 2010. Complex effects of climate change: population fluctuations in a tropical rodent are associated with the southern oscillation index and regional fire extent, but not directly with local rainfall. *Global Change Biology* 16:2401-2406.
- Magnusson, W.E., B. Lawson, F. Baccaro, C.V. Castilho, J.G. Castley, F. Costa, D.P. Drucker, E. Franklin, A.P. Lima, R. Luizão, F. Mendonça, F. Pezzini, J. Schiatti, J.J. Toledo, A. Tourinho, L.M. Verdade & J.-M. Hero. 2013. Multi-taxa surveys: integrating ecosystem processes and user demands. In: Verdade, L.M. & M.C. Lyra-Jorge [Eds.]. *Applied ecology and human dimensions on biological conservation*. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.
- Magurran, A. E., S. R. Baillie, S. T. Buckland, J. M. Dick, D. A. Elston, E. M. Scott, R. I. Smith, P. J. Somerfield & A. D. Watt. 2010. Long-term datasets in biodiversity research and monitoring: assessing change in ecological communities through time. *Trends in Ecology and Evolution* 25:574-582.
- Mann, C. C. 2005. 1491: New Revelations of the Americas Before Columbus. Alfred A. Knopf, New York, NY, USA.
- Margules, C.R., Pressey, R.L., 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243–253.
- Margules, C.R., R. L. Pressey & P.H. Williams. 2002. Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. *Journal of Biosciences* 27:309-326.
- Mathews, D. J. H., G. D. Graff, K. Saha & D. E. Winickoff. 2011. Access to stem cells and data: persons, property rights, and scientific progress. *Science* 331:725-727.
- Matson, P. A. & P.M. Vitousek. 2006. Agricultural intensification: will land spared from farming be land spared for nature? *Conservation Biology* 20:709-710.
- Matthiopoulos, J., M. Hebblewhite, G. Aarts & J. Fieberg. 2011. Generalized functional responses for species distributions. *Ecology* 92:583-589.
- McClintock, B. T., L. L. Bailey, K. H. Pollock & T. R. Simons. 2010a. Experimental investigation of observation error in anuran call surveys. *Journal of Wildlife Management* 74:1882-1893.
- McClintock, B. T., L. L. Bailey, K. H. Pollock & T. R. Simons. 2010b. Unmodeled observation error induces bias when inferring patterns and dynamics of species occurrence via aural detections. *Ecology* 91:2446-2454.
- McDonald-Madden, E., P. W. J. Baxter, R. A. Fuller, T. G. Martin, E. T. Game, J. Montambault, and H. P. Possingham. 2010. Monitoring does not always count. *Trends in Ecology & Evolution* 25:547–50.
- McDonald-Madden, E., I. Chadès, M. A. McCarthy, M. Linkie & H. Possingham. 2011. Allocating conservation resources between areas where persistence of a species is uncertain. *Ecological Applications* 21 Supplement: S844-S858.
- McGeoch, M. A., B. J. van Rensburg & A. Botes. 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology* 39:661-672.
- McGill, B. J. 2010. Towards a unification of unified theories of biodiversity. *Ecology Letters* 13:627-642.

- Medeiros, R.; Young, C.E.F.; Pavese, H. B. & Araújo, F. F. S. 2011. Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Sumário Executivo. Brasília: UNEP-WCMC, 44p.
- Meir, P. & F. I. Woodward. 2010. Amazonian rainforests and drought: response and vulnerability. *New Phytologist* 187:553-557.
- Mendes Pontes, A.R., D. J. Chivers, P. Lee. 2006. Effects of biomass on assemblages of large mammals in a seasonally-dry forest in the Brazilian Amazonia. *Journal of Zoology, London*. 271:278-287.
- Mendes Pontes, A. R., T. Sanaiotti & W. E. Magnusson. 2008. Mamíferos de grande porte. Pp. 51-61 In M. L. Oliveira, F. B. Baccaro, R. Braga-Neto & W. E. Magnusson (eds). *Reserva Ducke: A Biodiversidade Através de uma Grade*. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.
- Mendes Pontes, A. R. M., M. D. Paula & W. E. Magnusson. 2012. Low primate diversity and abundance in northern Amazonia and its implications for conservation. *Biotropica* 44:834-839.
- Mendonça, F. P. 2010. Níveis de similaridade entre assembleias de peixes em riachos de terra firme: padrões locais, coexistência em meso-escala e perspectivas macro-regionais na Amazônia Brasileira. Doctoral Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Mendonça, F. P., W. E. Magnusson & J. Zuanon. 2005. Relationships between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of central Amazonia. *Copeia* 2005:751-764.
- Mendonça, F. P., V. Pazin, H. Espírito-Santo, J. Zuanon & W. E. Magnusson. 2008. Peixes. Pp. 63-75 In M. L. Oliveira, F. B. Baccaro, R. Braga-Neto & W. E. Magnusson (eds). *Reserva Ducke: A Biodiversidade Através de uma Grade*. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.
- Menger, J. 2011. Fatores determinantes da distribuição de aves no interflúvio Purus-Madeira. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia, Manaus, Amazonas, Brazil.
- Menin, M. 2005. *Bufo proboscideus*. Natural History Note. Predation. *Herpetological Review*, 36:299.
- Menin, M., A. P. Lima, W. E. Magnusson & F. Waldez. 2007. Topographic and edaphic effects on the distribution of terrestrially reproducing anurans in central Amazonia: mesoscale spatial patterns. *Journal of Tropical Ecology* 23:539-547.
- Menin, M., A. P. Lima, D. Rodrigues & F. Waldez. 2008a. Sapos. Pp. 87-98 In M. L. de Oliveira, F. B. Baccaro, R. Braga-Neto & W. E. Magnusson (eds). *Reserva Ducke: A Biodiversidade Através de uma Grade*. Attema Design Editorial, Manaus, Amazonas, Brazil.
- Menin, M., F. Waldez & A. P. Lima. 2008b. Temporal variation in the abundance and number of species of frogs in 10,000 ha of a forest in central Amazonia, Brazil. *South American Journal of Herpetology* 3:68-81.
- Meyer, C. F. J., Aguiar, L. M. S., Aguirre, L. F., Baumgarten, J., Clarke, F. M., Cosson, J.-F., Villegas, S. E., Fahr, J., Faria, D., Furey, N., Henry, M., Hodgkison, R., Jenkins, R. K. B., Jung, K. G., Kingston, T., Kunz, T. H., Cristina MacSwiney Gonzalez, M., Moya, I., Patterson, B. D., Pons, J.-M., Racey, P. A., Rex, K., Sampaio, E. M., Solari, S., Stoner, K. E., Voigt, C. C., von Staden, D., Weise, C. D. and Kalko, E. K. V. (2011), Accounting for detectability improves estimates of species richness in tropical bat surveys. *Journal of Applied Ecology*, 48: 777-787.
- Miller, G. 2001. *The Mating Mind*. Anchor Books, New York, USA.
- Miller, D. A., J. D. Nichols, B. T. McClintock, E. H. C. Grant, L. L. Bailey & L. A. Weir. 2011. Improving occupancy estimation when two types of observational error occur: non-detection and species misidentification. *Ecology* 92:1422-1428.
- Mlodinow, L. 2001. *Euclid's Window: The Story of Geometry from Parallel Lines to Hyperspace*. Touchstone, New York, NY, USA.
- Mlodinow, L. 2008. *The Drunkard's Walk: How Randomness Rules Our Lives*. Pantheon Books, New York, NY, USA.

- Moerman, D. E. & G. F. Easterbrook. 2006. The botanist effect: counties with maximal species richness tend to be home to universities and botanists. *Journal of Biogeography* 33:1969-1974.
- Moilanen, A., B. A. Wintle, J. Elith & M. Burgman. 2006. Uncertainty analysis for regional-scale reserve selection. *Conservation Biology* 20:1688-1697.
- Monjeau, A. 2010. Conservation Crossroads and the Role of Hierarchy in the Decision-Making Process. *Natureza & Conservação*, 8, 112-119.
- Moore, J. L., C. E. Hauser, J. L. Bear, N. S. G. Williams, M. A. McCarthy 2011. Estimating detection – effort curves for plants using search experiments. *Ecological Applications* 21:601-607.
- Moraes, L. F. P. 2008. “Diversidade Beta em Comunidades de Lagartos em Duas Ecorregiões Distintas na Amazônia”. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Moraes, J., E. Franklin, J. W. Morais & J. L. P. Souza. 2011. Species diversity of edaphic mites (Acari: Oribatida) and effects of topography, soil properties and litter gradients on their qualitative and quantitative composition in 64 km² of forest in Amazonia. *Experimental & Applied Acarology* 55(1):39-63.
- Mossaz, A. 2010 Estimating low-density Koala Populations in Southeast Queensland: comparing the spot assessment technique and distance sampling. Honours Thesis. Griffith University, Queensland, Australia.
- Munari, D. P., C. Keller & E. M. Vetincinque. 2011. An evaluation of field techniques for monitoring terrestrial mammal populations in Amazonia. *Mammalian Biology* 76(4):401-408.
- National Science Foundation. 2002. Long-term ecological research program: Twenty year review. Online URL http://intranet.lternet.edu/archives/documents/reports/20_yr_review/.
- Nelson B. 2009. Data sharing: Empty archives. *Nature* 461:160-163.
- Nepstad, D. C., D. G. McGrath, and B. Soares-Filho. 2011. Systemic conservation, REDD, and the future of the Amazon Basin. *Conservation biology : the journal of the Society for Conservation Biology* 25:1113-6.
- Nichols, J. D., and B. K. Williams. 2006. Monitoring for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 21:668-73.
- Nobre, A. D., L. A. Cuartas, M. Hodnett, C. D. Rennó, G. Rodrigues, A. Silveira, M. Waterloo & S. Saleska. 2011. Height above the nearest drainage - a hydrologically relevant new terrain model. *Journal of Hydrology* 404:13-29.
- Nobrega, P. F. A. & J. B. Pinho. 2010. Biologia reprodutiva e uso de habitat por *Cantorchilus leucotis* (Lafresnaye, 1845) (Aves, Troglodytidae) no Pantanal, Mato Grosso, Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 50:511-516.
- Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4:355-364.
- Novak, M., J. M. Wootton, D. F. Doak, M. Emerson, J. A. Estes & M. T. Tinker. 2011. Predicting community responses to perturbations in the face of imperfect knowledge and network complexity. *Ecology* 92:836-846.
- Oinn, M. Greenwood, M. Addis, N. Alpdemir, J. Ferris, K. Glover, C. Goble, A. Goderis, D. Hull, D. Marvin, P. Li, P. Lord, M. Pocock, M. Senger, R. Stevens, A. Wipat, and C. Wroe. 2006. “Taverna: lessons in creating a workflow environment for the life sciences,” *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, vol. 18, iss. 10, pp. 1067-1100.
- Oliveira, S. N., W. E. Magnusson, A. P. Lima & A. L. Albernaz. 2000. Diversity and distribution of frogs in an Amazonian savanna. *Amphibia Reptilia* 21:317-326.

- Oliveira, M. L., F. B. Baccaro, R. Braga-Neto & W. E. Magnusson (eds). 2008. Reserva Ducke: A Biodiversidade Através de uma Grade. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brasil.
- Oliveira, P. Y., J. L. P. Souza, F. Baccaro, & E. Franklin. 2009. Ant distribution in a mesoscale soil gradient in a central Amazonia forest reserve. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44:852-860.
- Oliver, I. & A. J. Beattie. 1996. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. *Conservation Biology* 10:99-109.
- Ostfeld, R. S., and C. G. Jones. 2010. The ecology of place in oak forests: Progressive integration of pairwise interactions into webs. Pages 207–228 in I. A. Billick and M. V. Price, editors. *The Ecology of Place: Contributions of Place-based Research to Ecological Understanding*. University of Chicago Press.
- Ovaskainen, O. & J. Soininen. 2011. Making more out of sparse data: hierarchical modeling of species communities. *Ecology* 92:289-295.
- Overpeck, J.T., Meehl, G.A., Bony, S. & Easterling, D.R. 2011. Climate data challenges in the 21st century. *Science*, 331, 700–2.
- Pachauri, R. K. & A. Reisinger (eds). 2007. Contribution of Working Groups I, II and III on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Padial, A.A., Bini, L.M., Diniz-Filho, J.A.F., Souza, N.P.R. de & Vieira, L.C.G. 2010. Predicting patterns of beta diversity in terrestrial vertebrates using physiographic classifications in the Brazilian Cerrado. *Natureza & Conservação*, 8, 127–132.
- Paine, R.T., Wootton, T. & Pfister, C.A. 2010. A sense of place: Tatoosh. In: *The Ecology of Place* (eds. Billick, I. & Price, M.V.). University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA, pp. 229–250.
- Pansonato, Marcelo P., Flávia R C Costa, Carolina V de Castilho, and Gabriela Zuquim. 2012. Spatial Scale or Amplitude of Predictors as Determinants of the Relative Importance of Environmental Factors to Plant Community Structure. *Biotropica* 10.1111/btp.12008
- Pavoine, S. & M. B. Bonsall. 2010. Measuring biodiversity to explain community assembly: a unified approach. *Biological Reviews* early view [online] DOI: 10.1111/j.1469-185X.2010.00171.x.
- Pazin, F. V., Magnusson, W. E., Zuanon, J. & Mendonça, F. P. 2006. Fish assemblages in temporary ponds adjacent to 'terra-firme' streams in Central Amazonia. *Freshwater Biology* 51:1025-1037.
- Pearson, D. L. 1994. Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 354:75-79.
- Pearson, K. 2007. *The Grammar of Science*. Cosimo Inc., New York, USA.
- Peche-Canche, J. M., C. E. Moreno & G. Haffle. 2011. Additive partitioning of phyllostomid bat richness at fine and coarse spatial and temporal scales in Yucatan, Mexico. *Ecoscience* 18:42-51.
- Pélissier R., P. Couteron, S. Dray & D. Sabatier. 2003. Consistency between ordination techniques and diversity measurements: two strategies for species occurrence data. *Ecology* 84:242-251.
- Phillips, O. L. & J. S. Miller. 2002. Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest transect data set. *Missouri Botanical Gardens*, St Louis, Missouri, USA.
- Phillips O.L., G. van der Heijden, G. López-González, L.E.O.C. Aragão, S. L. Lewis, J. Lloyd, Y. Malhi, A. Monteagudo, S. Almeida, D. E. Alvarez, I. Amaral, S. Andelman, A. Andrade, L. Arroyo, G. Aymard, T. R. Baker, L. Blanc, D. Bonal, A. C. Alves de Oliveira, K.-J. Chao, C. N. Dávila, L. da Costa, T. R. Feldpausch, J. B. Fisher, N. M. Fyllas, M. A. Freitas, D. Galbraith, E. Gloor, N. Higuchi, E. Honorio, E. Jiménez, H. Keeling, T. J. Killeen, J. C. Lovett, P. Meir, C. Mendoza, A. Morel, V. P. Núñez, S. Patiño, K. Peh, A. Peña Cruz, A. Prieto, C. A. Quesada, F. Ramírez, H. Ramírez, A. Rudas, R. Salamão, M. Schwarz, J. Silva, M. Silveira, B. Sonké, A. Sota Thomas, J. Stropp, R. Vásquez, J. Taplin, & E. Vilanova. 2010. Drought mortality relationships for tropical forests. *New Phytologist* 187:631-646.

- Pielou, E. C. 1984. The interpretation of ecological data. Wiley, New York, NY, USA.
- Pike, D. A., J. K. Webb & R. Shine. 2011. Removing forest cover restores a reptile assemblage. *Ecological Applications*. 21(1):274-280.
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga & D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *BioScience* 50:53-65.
- Pimm, S. 2001. The World According To Pimm. Page 285p. (S. Pimm, Ed.). McGrawBHill, New York.
- Pinto, M. G. 2006. Influência de fatores edáficos, disponibilidade de alimento e da estrutura da vegetação sobre a distribuição e dinâmica de populações e comunidades de lagartos de serrapilheira e sub-bosque. Doctoral Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Pitman, N. C. A., J. Widmer, C. N. Jenkins, G. Stocks, L. Seales, F. Paniagua & E. M. Bruna. 2011a. Volume and geographical distribution of ecological research in the Andes and the Amazon, 1995-2008. *Tropical Conservation Science* 4:64-81.
- Pitman, N. C. A., D. Norris, J. M. Gonzalez, E. Torres, F. Pinto, H. Collado, W. Concha, R. Thupa, E. Quispe, J. Pérez & J. C. F. del Castillo. 2011b. Four years of vertebrate monitoring on an upper Amazonian river. *Biodiversity Conservation* 20: 827-849.
- Piwovar, H.A., Day R.S. & Fridsma D.B., 2007. Sharing detailed research data is associated with increased citation rate. *PLoS ONE*, 2(3):e308. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0000308>
- Pollini, J. 2009. Carbon Sequestration for Linking Conservation and Rural Development in Madagascar: The Case of the Vohidrazana-Mantadia Corridor Restoration and Conservation Carbon Project. *Journal of Sustainable Forestry* 28:322-342. Taylor & Francis Group.
- Potts, M. D., S. J. Davies, W. H. Bossert, S. Tan & M. N. N. Supardi. 2004. Habitat heterogeneity and niche structure of trees in two tropical rain forests. *Oecologia* 139:446-453.
- Prado, D. M. 2008. Relação entre ocorrência de onça-pintada (*Panthera onca*) e onça-parda (*Puma concolor*) e suas espécies-presa em cinco locais na Amazônia Central e Setentrional. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Pressey, R. L., C. J. Humphries, C. R. Margules, R. I. Vane-Wright & P. H. Williams. 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution* 8:124-128.
- Price, M.V. & Billick, I. 2010. Building an understanding of place. In: *The Ecology of Place* (eds. Billick, I. & Price, M.V.). University of Chicago Press, Chicago, IL, USA, pp. 177-183.
- Pulliam, H. R. & N. M. Waser. 2010. Ecological invariance and the search for generality in ecology. Pp. 69-92 In I. Billick, & M. V. Price (eds) *The Ecology of Place*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Quesada, C.A., J. Lloyd, M. Schwarz, S. Patiño, T. R. Baker, C. Czimczik, N. M. Fyllas, L. Martinelli, G. B. Nardoto, J. Schmerler, A. J. B. Santos, M. G. Hodnett, R. Herrera, F. J. Luizão, A. Arneith, G. Lloyd, N. Dezzio, I. Hilke, I. Kuhlmann, M. Raessler, W. A. Brand, H. Geilmann, J. O. Moraes Filho, F. P. Carvalho, R. N. Araujo Filho, J. E. Chaves, O. F. Cruz Junior, T. P. Pimentel, & R. Paiva. 2010. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences* 7:1515-1541.
- Rayfield, B., M.-J. Fortin & A. Fall. 2011. Connectivity for conservation: a framework to classify network measures. *Ecology* 92:847-858.
- Read, J. M., J. M. V. Fragoso & K. M. Silvius. 2010. Space, place, and hunting patterns in indigenous peoples of the Guyanese Rupununi Region. *Journal of Latin American Geography* 9:213-243.
- Rebellato, L. ; Cunha, C. N. ; Figueira, J. E. C. . 2012. Respostas da comunidade herbácea ao pulso de inundação no Pantanal de Poconé, Mato Grosso. *Oecologia Australis* 16(4): 797-818.

- Reichman, O. J., M. B. Jones & M. P. Schildhauer. 2011. Challenges and opportunities of open data in ecology. *Science* 331:703-705.
- Reis, P. R. 2007. Composição, distribuição e abundância de larvas de Chironomidae de duas bacias hidrográficas da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus, AM, Brasil. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Remsen, J. V. & D. A. Good. 1996. Misuse of data from mist-net captures to assess relative abundance in bird populations. *Auk* 113:381-398.
- Remsen, J. V. 1994. Use and misuse of bird lists in community ecology and conservation. *Auk* 111:225-227.
- Rennó, C. D. ; Nobre, A. D.; Cuartas, L. A.; Soares, J. V. ; Hodnett, M. G. ; Tomasella, J. ; Waterloo, M. J. 2008. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, v. 112, p. 3469-3481.
- Ribas, C. C., Aleixo, A., Nogueira, A. C. R., Miyaki, C. Y., Cracraft, J. 2011. A palaeobiogeographic model for biotic diversification within Amazonia over the past three million years. *Proceedings - Royal Society, Biological Sciences (Print)*, v. 279, p. 681-689.
- Ribeiro, J. W. 2010. Composição e distribuição de espécies de anuros em 25 km² de floresta estacional semidecidual na Ilha de Maracá, Roraima, Brasil. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Ribeiro, J. E. L. S., M. J. G. Hopkins, A. Vincentini, C. A. Sothers, M. A. S. Costa, J. M. Brito, M. A. D. Souza, L. H. P. Martins, L. G. Lohmann, P. A. C. L. Assunção, E. C. Pereira, C. F. Silva, M. R. Mesquita & L. C. Procópio. 1999. Flora da Reserva Ducke. INPA-DFID, Manaus, AM, Brazil.
- Ribeiro, B. A. & Lisboa A. 2009. Relatório Plurianual do Programa de Pesquisa do Parque Nacional do Viruá: 2005-2008. ICMBio. 38p.
- Ribeiro, B. A. & Lisboa A. 2011. Relatório Plurianual do Programa de Pesquisa do Parque Nacional do Viruá: 2008-2011. ICMBio. 56p.
- Rodrigues, D. J. Influência de fatores bióticos e abióticos na distribuição temporal e espacial de girinos de comunidades de poças temporárias em 64 km² de floresta de terra firme na Amazônia Central. Tese (Doutorado em Ecologia) INPA/UFAM, Manaus, Amazonas. 2006.
- Rodrigues, D. J., A. P. Lima, W. E. Magnusson & F. R. C. Costa. 2010. Temporary pond availability and tadpole species composition in central Amazonia. *Herpetologica* 66:124-130.
- Rojas-Ahumada, D. P. & M. Menin. 2010. Composition and abundance of anurans in riparian and non-riparian areas in a forest in Central Amazonia, Brasil. *South American Journal of Herpetology* 5:157-167.
- Roques, S., B. Adabros, C. Chavez, C. Keller, W. E. Magnusson, F. Palomares & J. A. Godoy. 2011. Identification of Neotropical felid faeces using RCP-PCR. *Molecular Ecology Resources* 11:171-175.
- Rosenzweig, M. L. 1995. *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Rosindell, J., S. P. Hubbell & R. S. Etienne. 2011. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography at age ten. *Trends in Ecology and Evolution* 26:340-348.
- Rubio, T. C. & J. B. Pinho. 2008. Biologia Reprodutiva de *Synallaxis albiflora* (Aves: Furnariidae) no Pantanal de Poconé, Mato Grosso. *Papéis Avulsos de Zoologia* 48:181-197.
- Saatchi, S. S., R. A. Houghton, R. C. dos Santos Alvalá, J. V. Soares & Y. Yu. 2007. Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Global Change Biology* 13:816-837.
- Sabo, J. L., R. Sponseller, M. Dixon, K. Gade, T. HARMS, J. Heffernan, A. Jani, G. Katz, C. Soykan, J. Watts & J. Welter. 2005. Riparian zones increase regional species richness by harboring different, not more, species. *Ecology* 86:56-62.

- Saleska, S.R., K. Didan, A.R. Huete, and H.R. da Rocha. 2007. Amazon forests green-up during 2005 drought. *Science*, 20 September 2007 (10.1126/science.1146663).
- Samantha, A., S. Sangram, H. Hashimoto, S. Devadiga, E. Vermote, Y. Knyazikhin, R. R. Nemani, R. R. & R. B. Myneni. 2010. Amazon forests did not green-up during the 2005 drought. *Geophysical Research Letters* 37, L05401, doi: 10.1029/2009GL042154.
- Sampaio, R., A. P. Lima, W. E. Magnusson & C. Peres. 2010. Long-term persistence of midsized to large mammals in Amazonian landscapes under varying contexts of forest cover. *Biodiversity Conservation* 19:2421-2439.
- Sampaio, R., M. N. F. da Silva & M. Cohn-Haft. 2011. Reassessment of the occurrence of the kinkajou (*Potos flavus* Schreber, 1774) and olingo (*Bassaricyon beddardi* Pocock, 1921) in the northern Brazilian Amazon. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 46:85-90.
- Sanaiotti, T. M. & R. Cintra. 2001. Breeding and Migrating Birds in an Amazonian Savanna. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36:23-33.
- Sanaiotti, T. M. & W. E. Magnusson. 1995. Effects of annual fires on the production of fleshy fruits eaten by birds in a Brazilian savanna. *Journal of Tropical Ecology* 11:53-65.
- Sanchez, D. E. A. 2008. Padrão de distribuição e abundância de *Rhinemys rufipes* (Chelidae) em uma floresta de terra firme na Amazônia central. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Santos E. M. R., E. Franklin and W. E. Magnusson, 2007. Cost-efficiency of sub-sampling protocols to evaluate Oribatid-Mite communities in an Amazonian Savanna. *Biotropica* 40:728-735.
- Scabin, A. B., F. R. C. Costa & J. Schöngart. 2011. The spatial distribution of illegal logging in the Anavilhanas archipelago (Central Amazonia) and logging impacts on species. *Environmental Conservation* 39:111-121.
- Scheiner, S. M., A. Chiarucci, G. A. Fox, M. R. Helmus, D. J. McGlenn & M. R. Willig. 2011. The underpinnings of the relationship of species richness with space and time. *Ecological Monographs* 81:195-213.
- Schietti, J. D. Drucker, E. Keizer, A. Carneiro-Filho and W. Magnusson. 2007. Avaliação do uso de dados SRTM para estudos ecológicos na Amazônia central. *Anais Online do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (XIII SBSR)*. Florianópolis, Brasil. INPE, Pp. 6949-6955. ISBN: 978-85-17-00031-7.
- Schmitt, E. F. & K. M. Sullivan. 1996. Analysis of a volunteer method of collecting fish presence and abundance data in the Florida Keys. *Bulletin of Marine Science* 59:404-416.
- Schnitzer, S. A., J. N. Klironomos, J. HilleRisLambers, L. L. Kinkel, P. B. Reich, K. Xiao, M. C. Rillig, B. A. Sikes, R. M. Callaway, S. A. Mangan, E. H. van Nes & M. Scheffer. 2011. Soil microbes drive the classic plant diversity-productivity pattern. *Ecology* 92:296-303.
- Shen, S.-F., Reeve, H.K. & Herrnkind, W. 2010. The brave leader game and the timing of altruism among nonkin. *The American naturalist*, 176, 242-8.
- Shine, R. & M. Kearney. 2001. Field studies of reptile thermoregulation: how well do physical models predict operative temperatures? *Functional Ecology* 15:282-288.
- Shipley, B., D. C. Laughlin, G. Sonnier & R. Otfinowsky. 2011. A strong test of a maximum entropy model of trait-based community assembly. *Ecology* 92:507-517.
- Silva, A. P. & S. R. Marques. 2010. Morcegos. Pp. 169-182 In I. M. Fernandes, C. A. Signor & J. Penha (eds). *Biodiversidade no Pantanal de Poconé*. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.
- Silva, L.F.G. 2011. Produtividade de liteira grossa em duas áreas de floresta de transição (contato) não perturbadas de Roraima. Masters Thesis, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, Roraima, Brazil.

- Silvertown, J. M., E. Dodd, J. J. G. Gowing & J. O. Mountford. 1999. Hydrologically defined niches reveal a basis for species richness in plant communities. *Nature* 400:61-63.
- Silvius, K. M. 2004. Bridging the gap between western scientific and traditional indigenous wildlife management: the Xavante of Rio das Mortes Indigenous Reserve, Mato Grosso, Brazil. Pp. 37-49 In K. M. Silvius, R. E. Bodmer & J. M. V. Fragoso (eds) *People in Nature*. Columbia University Press, New York, NY, USA.
- Silvius, K. M., R. E. Bodmer, and J. M. V. Fragoso. 2004. *People in Nature: Wildlife Conservation in South and Central America*. Page 464p. (K. M. Silvius, R. E. Bodmer, and J. M. V. Fragoso, Eds.). Columbia University Press, New York.
- Simons, T. R., M. W. Alldredge, K. H. Pollock & J. M. Wettroth. 2007. Experimental analysis of the auditory detection process on avian point counts. *Auk* 124:986-999.
- Sinervo, B., F. Méndez-de-la-Cruz, D. B. Miles, B. Heulin, E. Bastiaans, M. Villagrán-Santa Cruz, R. Lara-Resendiz, N. Martínez-Méndez, M. L. Calderón-Espinosa, R. N. Meza-Lázaro, H. Gadsden, L. J. Avila, M. Morando, I. J. De la Riva, P. V. Sepulveda, C. F. D. Rocha, N. Ibarguengoytia, C. A. Puntriano, M. Massot, V. Lepetz, T. A. Oksanen, D. G. Chapple, A. M. Bauer, W. R. Branch, J. Clobert & J. W. Sites Jr. 2010. Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niche. *Science* 328:894-899.
- Slaughter, C. W., K. E. Specht, L. A. Viereck & C. L. Hanson. 1998. Watershed research programs: opportunities for long-term biodiversity monitoring and research. Pp. 335-354 In F. Dallmeier & J. A. Comiskey (eds). *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling*. UNESCO, Paris, France.
- Small, G. E., C. M. Pringle, M. Pyron & J. H. Duff. 2011. Role of the fish *Astyanax aeneus* (Characidae) as a keystone nutrient recycler in low-nutrient Neotropical streams. *Ecology* 92:386-397.
- Snedecor, G.W. & W.G. Cochran. 1973. *Statistical Methods*. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa, USA.
- Southgate, D., and S. Wunder. 2009. Paying for Watershed Services in Latin America: A Review of Current Initiatives. *Journal of Sustainable Forestry* 28:497-524.
- Souza, J. L. P., C. A. R. Moura & Elizabeth Franklin. 2009. Efficiency in inventories of ants in a Central Amazonia forest. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44:940-948.
- Souza, J. L. P. 2009. Avaliação do Esforço Amostral, Captura de Padrões Ecológicos e Utilização de Taxa Substitutos em Formigas (Hymenoptera, Formicidae) de Serrapilheira com Três Métodos de Coleta na Floresta Amazônica, Brasil. Doctoral Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Souza, J. L. P., F. B. Baccaro, V. L. Landeiro, E. Franklin & W. E. Magnusson. 2012. Trade offs between complementarity and redundancy in the use of different techniques for ground-dwelling ant assemblages. *Applied Soil Ecology* 56:63-73.
- Spadavecchia, L., M. Williams & B. E. Law. 2011. Uncertainty in predictions of Forest carbon dynamics: separating driver error from model error. *Ecological Applications* 21:1506-1522.
- Stark, Scott C, Veronika Leitold, Jin L. Wu, Maria O. Hunter, Carolina V. De Castilho, Flávia Regina C. Costa, Sean M. McMahon, et al. 2012. Amazon forest carbon dynamics predicted by profiles of canopy leaf area and light environment. *Ecology Letters*. doi:10.1111/j.1461-0248.2012.01864.x.
- Steinmann, K., S. Eggenberg, T. Wohlgemuth, H. P. Linder & N. E. Zimmermann. 2011. Niches and noise – disentangling diversity and area effect on species diversity. *Ecology and Complexity* 8:313-319.
- Stevenson, R. D., W. A. Haber & R. A. Morris. 2003. Electronic field guides and user communities in the eco-informatics revolution. *Ecology and Society* 7(1): 3. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol7/iss1/art3/>.

- Stohlgren, T.J. 1995. Planning long-term vegetation studies at landscape scales. In: Ecological Time Series (eds. Powell, T.M. & Steele, J.H.). Chapman and Hall, New York, NY, USA, pp. 209–241.
- Surgik, A. C. S. 2006. Efeito das leis conservacionistas sobre a biota, os recursos hídricos e a população humana na área proposta para a APA de Alter do Chão, Santarém, PA.. 2006. Coctoral Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brazil.
- Taleb, N.N. 2007. The Black Swan. Penguin Books, New York, USA.
- Taylor, M. C. 2011. Reform the PhD system or close it down. *Nature* 472:261.
- Toledo, J. J., Magnusson, W. E., Castilho, C. V. & Nascimento, H. E. M. 2011. How much variation in tree mortality is predicted by soil and topography in Central Amazonia? *Forest Ecology and Management* 261: 1-8.
- Tuomisto, H., A. D. Poulsen, K. Ruokolainen, R. C. Moran, C. Quintana, J. Celi & G. Cañas. 2003. Linking floristic patterns with soil heterogeneity and satellite imagery in Ecuadorian Amazonia. *Ecological Applications* 13:352-371.
- Tuomisto, H. 2010a. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography* 33:2-22.
- Tuomisto, H. 2010b. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 2. Quantifying beta diversity and related phenomena. *Ecography* 33:23-45.
- Turner, D. P. 2011. Global vegetation monitoring: toward a sustainable technosphere. *Frontiers in Ecology and Environment* 9:111-116.
- Uhlmann, E.L., Poehlman, T.A. & Bargh, J.A. 2009. American moral exceptionalism. In: Social and Psychological Bases of Ideology and System Justification (eds. Jost, J.T., Kay, A.C. & Thorisdottir, H.). Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 53–82.
- Ujvari, B., R. Shine & T. Madsen. 2011. How well do predators adjust to climate-mediated shifts in prey distribution? A study on Australian water pythons. *Ecology* 92:777-783.
- Ulloa, A., H. Rubio-Torgler & C. Campos-Rozo. 2004. Conceptual basis for the selection of wildlife management strategies by the Embera people in Utria National Park, Chocó, Colombia. Pp. 11-36 In K. M. Silvius, R. E. Bodmer & J. M. V. Fragoso (eds) *People in Nature*. Columbia University Press, New York, NY, USA.
- Vale, G.D. 2011a. O efeito do solo, inundação e topografia sobre campinaranas inundáveis na Amazônia. Masters Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brazil.
- Vale, J.D. 2011b. Aspectos ecológicos da limnologia e da ictiofauna em planícies alagáveis distantes de grandes rios. PhD Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brazil.
- Valentini, A., F. Pompanon & P. Taberlet. 2009. DNA barcoding for ecologists. *Trends in Ecology and Evolution* 24:109-117.
- Valle, D. 2011. Incorrect representation of uncertainty in the modeling of growth leads to biased estimates of future biomass. *Ecological Applications* 21:1031-1036.
- Vanclay, J., R. Prabhu & F. Sinclair. 2006. *Realizing Community Futures*. Earthscan, London, UK.
- Vasconcelos, H. L., J. M. S. Vilhena, W. E. Magnusson & A. L. K. M. Albernaz. 2006. Long-term effects of forest fragmentation on Amazonian ant communities. *Journal of Biogeography* 33:1348-1356.
- Vasconcelos, H. L., M. F. Leite, J. M. S. Vilhena, A. P. Lima & W. E. Magnusson. 2008. Ant diversity in an Amazonian savanna: relationships with vegetation structure, disturbance by fire, and dominant ants. *Austral Ecology* 33:221-231.
- Vellend, M., P. L. Lilley & B. M. Starzomski. 2008. Using subsets of species in biodiversity surveys. *Journal of Applied Ecology* 45:161-169.

- Vepakomma, U., B. St-Onge & D. Kneeshaw. 2011. Response of a boreal forest to canopy opening: assessing vertical and lateral tree growth with multitemporal LiDAR data. *Ecological Applications* 21:99-121.
- Vidal, M. D. & R. Cintra. 2006. Effects of forest structure components on the occurrence, group size and density of bare-face tamarin (*Saguinus bicolor* – Primates: Callitrichinae) in Central Amazonia. *Acta Amazonica* 36:237-248.
- Vierling, K. T., C. Bässler, R. Brandl, L. A. Vierling, I. Weiß & J. Müller. 2011a. Spinning a laser web: predicting spider distributions using lidar. *Ecological Applications* 21:577-588.
- Vierling, L. A., S. Martinuzzi, G. P. Asner, J. Stoker & B. Johnson. 2011b. LiDAR: providing structure. *Frontiers in Ecology and Environment* 9:261-262.
- Vilà, M., C. Basnou, P. Pyšek, M. Josefsson, P. Genoveal, S. Gollasch, W. Nentwig, S. Olenin, A. Roques, D. Roy, P. E. Hulme & DAISIE partners. 2010. How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. *Frontiers in Ecology and Environment* 8:135-144.
- Vitt, L. J., W. E. Magnusson, T. C. Avila-Pires & A. P. Lima. 2008. Guia de Lagartos da Reserva Adolpho Ducke, Amazônia Central. Attema Design Editorial, Manaus, AM, Brazil.
- Vulinec, K., J. E. Lambert & D. J. Mellow. 2006. Primate and dung beetle communities in secondary growth rainforests: Implications for conservation of seed dispersal systems. *International Journal of Primatology* 27:855-879.
- Vulinec, K., A. P. Lima, E. A. R. Carvalho & D. J. Mellow. 2008. Dung beetles and long-term habitat fragmentation in Alter do Chão, Amazônia, Brazil. *Tropical Conservation Science* 1:111-121.
- Walker, B. H. & J. J. Langridge. 2002. Measuring functional diversity in plant communities with mixed life forms: a problem of hard and soft attributes. *Ecosystems* 5:529-538.
- Waller, D. M. & S. Flader. 2010. Leopold's Legacy. Pp. 40-62 In I. Billick & M. V. Price (eds). *The Ecology of Place*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Warren, D. L. & S. N. Seifert. 2011. Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection. *Ecological Monographs* 21:335-342.
- Warton, D. I. & F. K. C. Hui. 2011. The arcsine is asinine: the analysis of proportions in ecology. *Ecology* 92:3-10.
- Watson, I. & P. Novelty. 2004. Making the biodiversity monitoring system sustainable: Design issues for large-scale monitoring. *Austral Ecology* 29:16-30.
- Watts, M. E., I. R. Ball, R. S. Stewart, C. J. Klein, K. Wilson, C. Steinback, R. Lourival, L. Kircher & H. P. Possingham. 2009. Marxan with Zones: Software for optimal conservation based land- and sea-use zoning. *Environmental Modelling & Software* 24:1513-1521.
- Weng, E. & Y. Luo. 2011. Relative information contributions of model vs. data to short- and long-term forecasts of forest carbon dynamics. *Ecological Applications* 21:1490-1505.
- White, J. W., L. W. Botsford, M. L. Baskett, L. A. K. Barnett, R. J. Barr & A. Hastings. 2011. Linking models with monitoring data for assessing performance of no-take marine reserves. *Frontiers in Ecology and Environment* 9:390-399.
- Whitlock et al. 2010. Data archiving. *American Naturalist*, 175:145-146. <http://dx.doi.org/10.1086/650340>
- Whitlock, M. C. 2011. Data archiving in ecology and evolution: best practices. *Trends in Ecology and Evolution* 26:61-65.
- Wiens, J. A., D. Stralberg, D. Jonsomijt, C. A. Hlawell & M. A. Snyder. 2009. Niches, models, and climate change: assessing the assumptions and uncertainties. *PNAS* 106(suppl. 2):19631-19638.
- Williams, B. K., J. Nichols & M. Conroy. 2002. *Analysis and management of Animal Populations*. Academic Press, London, UK.

- Williams, S. E., E. E. Bolitho & S. Fox. 2003. Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. *Proceedings Royal Society London* 270:1887-1892.
- Wilson, K. A. 2010. Dealing with data uncertainty in conservation planning. *Natureza & Conservação* 8:145-150.
- Wintle, B.A., Runge, M.C. & Bekessy, S.A. 2010. Allocating monitoring effort in the face of unknown unknowns. *Ecology letters*, 13, 1325–37.
- Wootton, J. T., C. A. Pfister & J. D. Forester. 2008. Dynamical patterns and ecological impacts of declining ocean pH in a high-resolution multi-year dataset. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 105:18848-18853.
- Yoccoz, N. G., J. D. Nichols, and T. Boulinier. 2001. Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology & Evolution* 16:446–453.
- Yoccoz, N. G., J. D. Nichols & T. Boulinier. 2003. Monitoring biological diversity – response to Danielsen et al. *Oryx* 37:410.
- Zehm, A., M. Nobis & A. Schwabe. 2003. Multiparameter analysis of vertical vegetation structure based on digital image processing. *Flora* 198:142-160.
- Zimmerman, B. L. & R. O. Bierregaard Jr. 1986. Relevance of the equilibrium theory of island biogeography with an example from Amazonia. *Journal of Biogeography* 13:133-143.
- Zimmerman A. S. 2008. New knowledge from old data: the role of standards in the sharing and reuse of ecological data. *Science Technology and Human Values* 33:631-652.
- Zuquim, G., F. R. C. Costa, J. Prado & R. Braga-Neto. 2009. Distribution of pteridophyte communities along environmental gradients in Central Amazonia, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 18:151-166.
- Zuquim, G., Tuomisto, H., Costa, F. R. C., Prado, J., Magnusson, W. E., Pimentel, T., Braga-Neto, R., Figueiredo, F. O. G. 2012. Broad Scale Distribution of Ferns and Lycophytes along Environmental Gradients in Central and Northern Amazonia, Brazil. *Biotropica* 44:752-762.
- Zuur, A. F., E. N. Ieno, N. J. Walker, A. A. Saveliev & G. M. Smith. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer, New York, NY, USA.





Créditos das imagens

Image credits

Albertina Lima

p. 45, 96, 190, 228, 286

Ana Albernaz

p. 71

André Braga Junqueira

p. 188, 189

André do Amaral Nogueira

guarda início, p. 41, 224, 268, 272, 307, 352, 353

André Villaça Ramalho

p. 206

Andressa Scabin

p. 159, 254

Anselmo d’Affonseca

p. 73, 132, 153, 187, 191, 199, 203, 204, 211, 240, 242, 253, 354

Antônio Lisboa

p. 246

Carlos Eduardo Barbosa

p. 6

Carolina Castilho

p. 82, 95, 110, 136, 158, 187, 231, 233, 257, 267, 301

Débora Drucker

p. 291

Diogo Lagroteria

p. 53, 57, 63, 65, 90, 101, 182, 187, 258, 264

Eduardo Rizzo

p. 28, 271

Elizabeth Franklin

p. 163

Fábio Penna

p. 238

Fabrcio Baccaro

capa, p. 3, 81, 108, 147,

Fernando Mendonça

p. 29, 115, 177, 192, 235

Flávia Fonseca Pezzini

p. 18, 22, 33, 46, 121, 131, 216, 236, 261, 282, 285, 289, 293, 295, 338

Flávio Yamamoto

capa, p. 3, 283

Gabriela Zuquim

p. 111, 187, 212, 217, 250

Gerd Alberti

p. 163

Guy Castley

p. 142

Hanna Tuomisto

p. 218

Helder Espírito-Santo

p. 86, 113, 148, 187

Itanna Fernandes

p. 251

Jake Bryant

p. 213

Jesus Rodrigues Domingos de Souza

p. 245, 354

Jhon Jairo López Rojas

p. 292

Joint Research Centre/Land Resource Management Unit

p. 20

Jorge Souza

p. 251

Juliana Schietti

p. 214

Julio do Vale

p. 75, 262, 278, 344, 348

Keith Williams

p. 100

Luciano M. Verdade

p. 265



Marcelo Gordo

p. 84

Marcelo Luna

p. 244

Marcos Silveira

p. 107

Mário Henrique Terra Araújo

p. 62, 88, 118, 135, 194, 219, 260, 281, 302

Mike Hopkins

p. 275

Pablo Hendrigo

p. 138

Pedro Ivo Simões

capa, p. 3, 31, 35, 37, 50, 67, 76, 98, 141, 161, 168, 174, 176, 187, 200, 201, 208,
221, 222, 229, 232, 252, 256, 263

Phillip Klauvin

capa, p. 3, 9, 15, 24, 151, 171, 187, 230, 248, 274, 290, 294, 296, 299, 300, 303, 304,
305, 308, 334

PPBio Austrália

p. 54

Ricardo Braga-Neto

p. 17, 26, 52, 61, 87, 103, 149, 155, 165, 179, 215, 241, 284, 288, 297, 306, 354

Rudi van Aarde

p. 8

Sandy McMath

p. 23

Scott Saleska

p. 214

Smithsonian Tropical Research Institute

p. 93

Taylor Nunes

guarda fim, p. 12, 38, 42, 105, 145, 220

Thaise Emilio

p. 79, 123, 157

Vitor Dias Tarli

p. 251

William Magnusson

p. 13, 21, 25, 27, 36, 49, 55, 60, 69, 77, 117, 124, 127, 129, 134, 137, 156, 167, 169,
173, 187, 196, 197, 202, 207, 209, 225, 226, 227, 247, 266, 273, 276, 280



Autores | Authors



William (Bill) Magnusson trabalha para o INPA e coordena o PPBio da Amazônia Ocidental e o CENBAM.

William (Bill) Magnusson works for INPA and coordinates the PPBio in western Amazonia and CENBAM.



Ricardo Braga-Neto (Saci) é biólogo e tem interesse em ecologia e biogeografia de fungos macroscópicos na Amazônia.

Ricardo Braga-Neto (Saci) is a biologist interested in ecology and biogeography of macroscopic fungi in the Amazon.



Flávia Pezzini é bióloga e tem interesse em ecologia de plantas e em eco-informática, especialmente na integração de dados de levantamentos e coleções biológicas.

Flávia Pezzini is a biologist interested in plant ecology and eco-informatics, especially in integration of data from field surveys and biological collections.



Fabricio Baccaro é administrador de empresas e biólogo e trabalha com ecologia de formigas e seus parasitas.

Fabricio Baccaro is business administrator and biologist and works with the ecology of ants and their parasites.



Helena Bergallo (Nena) é Professora da UERJ e coordena o RAPELD no Parque Estadual da Ilha Grande e o PPBio Mata Atlântica.

Helena Bergallo (Nena) is Professor of UERJ and coordinates RAPELD in Ilha Grande State Park and PPBio Atlantic Forest.



Jerry Penha é professor do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade do Instituto de Biociências da Universidade Federal de Mato Grosso e pesquisador do Centro de Pesquisas do Pantanal, atuando na área de ecologia aquática.

Jerry Penha is a professor of the Graduate Program in Ecology and Biodiversity Conservation at Bioscience Institute, Universidade Federal de Mato Grosso and researcher at Pantanal Research Center, working in aquatic ecology area.



Domingos de Jesus Rodrigues é biólogo e mestre em ecologia e conservação pela UFMS. Doutor em ecologia pelo INPA. Atualmente é professor da UFMT-Sinop e dos programas de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade e Ciências Ambientais.

Domingos de Jesus Rodrigues is a biologist and has a master in ecology and conservation by UFMS. PhD in ecology by INPA. He is currently professor of UFMT-Sinop and of Graduate Programs in Ecology and Conservation of Biodiversity and Environmental Sciences.



Luciano M. Verdade é Professor Associado III do CENA / USP e membro do Comitê Diretivo do Programa Biota / FAPESP.

Luciano M. Verdade is an Associate Professor III at CENA / USP and a member of the Steering Committee of the Biota Program / FAPESP.



Albertina Lima é pesquisadora da Coordenação de Pesquisas em Biodiversidade do INPA. Ela trabalha com logística e implementação do sistema RAPELD desde 1997.

Albertina Lima é a pesquisadora na Coordenação de Pesquisas em Biodiversidade do INPA. Ela trabalha com logística e implementação do sistema RAPELD desde 1997.



Ana Luisa Albernaz é Pesquisadora Titular do Museu Paraense Emilio Goeldi, onde desenvolve pesquisas relacionadas à ecologia e conservação da biodiversidade na Amazônia.

Ana Luisa Albernaz is Titular Researcher at Museu Paraense Emilio Goeldi, where she conducts research related to ecology and biodiversity conservation in the Amazon.



Jean-Marc Hero é ecólogo com experiência de pesquisa em biologia da conservação de anfíbios, avaliação e monitoramento da biodiversidade, e fisiologia da conservação. Ele é diretor-adjunto do Griffith University's Environmental Futures Research Centre.

Jean-Marc Hero is a vertebrate ecologist with research expertise in conservation biology of amphibians, biodiversity assessment and monitoring, and conservation physiology. He is Deputy Director of Griffith University's Environmental Futures Research Centre.



Ben Lawson tem doutorado em planejamento de conservação e atualmente trabalha com política de recursos naturais. Ele é membro adjunto de pesquisa na Griffith University em Queensland, Austrália.

Ben Lawson has a PhD in conservation planning and currently works on natural resources policy. He holds an adjunct research fellow position with Griffith University in Queensland, Australia.



Carolina Castilho é pesquisadora da Embrapa Roraima e usa o sistema RAPELD para estudos de diversidade de espécies arbóreas e dinâmica florestal.

Carolina Castilho is a researcher at Embrapa Roraima and uses RAPELD system to study tree diversity and forest dynamics.



Débora Drucker é Analista da EMBRAPA Monitoramento por Satélite e atua na área de gestão da informação ambiental.

Débora Drucker is an Analyst at EMBRAPA Satellite Monitoring and works with environmental information management.



Elizabeth Franklin trabalha para o INPA desde 1984 e pertence à equipe de invertebrados do solo do PPBio na Amazônia Ocidental e do CENBAM.

Elizabeth Franklin works for INPA since 1984 and belongs to the soil invertebrate team of PPBio in western Amazônia and CENBAM.



Fernando Mendonça é Professor da Universidade Federal do Amazonas e atua na área de Ecologia de Comunidades de peixes tropicais.

Fernando Mendonça is a Professor at the Federal University of Amazonas and works in the area of Community Ecology of tropical fishes.



Flávia Costa trabalha para o INPA e coordena o Projeto de Pesquisas Ecológicas (PELD) Sítio 1 da Amazônia.

Flávia Costa works for INPA and coordinates the Brazilian Long Term Ecological Research Site 1 in Amazonia



Graciliano Galdino é Coordenador na SETEC Amapá e atua na área de Ecologia Vegetal e Gestão de C&T.

Graciliano Galdino is Coordinator in SETEC Amapá and works with Plant Ecology and Science & Technology Management.



Guy Castley é pesquisador no International Centre for Ecotourism Research na Griffith University. Sua pesquisa investiga as ligações entre o turismo e a conservação como parte da Área de Investimento Estratégico em Turismo Sustentável.

Guy Castley is a researcher within the International Centre for Ecotourism Research at Griffith University. His research investigates the linkages between tourism and conservation as part of the Area of Strategic Investment in Sustainable Tourism.



Jansen Zuanon é biólogo e pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Suas pesquisas envolvem estudos de história natural, taxonomia e ecologia de peixes amazônicos, especialmente de peixes de riachos em florestas de terra firme.

Jansen Zuanon is a biologist and researcher at the National Institute of Amazonian Research. His research involves studies of natural history, taxonomy and ecology of Amazonian fishes, especially terra-firme forests fishes.



Julio do Vale é biólogo, atuou no Projeto Gavião-real e foi Gerente de Reservas do PPBio. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia de peixes de água doce.

Julio do Vale is a biologist, he worked in the Gavião-real Project and in PPBio as Reserve Manager. He has experience in Ecology with emphasis in Ecology of Freshwater Fishes.



José Laurindo Campos dos Santos é Coordenador de Tecnologia da Informação no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e desenvolve pesquisas na área de BioGeo Informática e Modelagem Computacional de Sistemas Não Convencionais.

José Laurindo Campos dos Santos is Coordinator of Information Technology at the National Institute for Amazonian Research and develops research in the fields of BioGeo Computing and Computational Modeling of Non-Conventional Systems.



Regina Luizão é pesquisadora do INPA e especialista em biologia e ecologia do solo, com foco nos efeitos da fragmentação do habitat sobre a biodiversidade. Atualmente é vice-coordenadora do CENBAM.

Regina Luizão is a researcher at INPA and expert in soil biology and ecology, focusing on the effects of habitat fragmentation on biodiversity. She is currently vice-coordinator of CENBAM.



Renato Cintra é biólogo e mestre em ecologia, com doutorado em zoologia na Duke University. Há mais de 20 anos é pesquisador e docente no INPA, estudando ecologia de aves no Cerrado, Pantanal e Amazônia.

Renato Cintra is a biologist and has a master in ecology and a doctorate in zoology at Duke University. For more than 20 years he is a researcher and professor at INPA, studying the ecology of birds in the Cerrado, Pantanal and the Amazon.



Reinaldo Imbrozio Barbosa é pesquisador do INPA, bolsista de produtividade do CNPq e professor na UFRR. Seus estudos estão focados nos impactos relacionados às mudanças climáticas, fogos florestais e ecologia e conservação das savanas regionais.

Reinaldo Imbrozio Barbosa is a researcher at INPA, has a CNPq productivity fellowship and is professor at UFRR. His studies are focused on the impacts related to climate change, forest fires and ecology and conservation of regional savannas.



Antônio Lisboa é geógrafo (UERJ), mestre em geoecologia (UFRJ), chefe do Parque Nacional do Viruá e analista ambiental do ICMBio desde 2002.

Antônio Lisboa is geographer (UERJ), has a master in geoecology (UFRJ), is head of Viruá National Park and is environmental analyst at ICMBio since 2002.



Rodrigo Koblitz é biólogo, mestre em ecologia (UERJ) e analista ambiental do IBAMA-Licenciamento Ambiental desde 2005.

Rodrigo Koblitz is biologist, master in ecology (UERJ) and environmental analyst at IBAMA-Environmental Licensing since 2005.



Cátia Nunes da Cunha é professor da Universidade Federal de Mato Grosso. Sua pesquisa atual concentra-se em ecologia da vegetação particularmente em áreas úmidas.

Cátia Nunes da Cunha is an professor at the Federal University of Mato Grosso. Her current research focuses on vegetation ecology particularly in wetlands.



Antonio R. Mendes Pontes é professor adjunto da UFPE, trabalhando com inventários e também com o efeito da caça sobre os mamíferos de médio e grande porte da Amazônia. Calibrou os inventários nas grades do PPBio da ESEC Maracá, PARNA Viruá e Reserva Ducke.

Antonio R. Mendes Pontes is an Adjunct Professor at UFPE, working with inventories and also the effect of hunting on medium-sized and large mammals in the Amazon. He calibrated the inventories in the PPBio grids of ESEC Maracá, PARNA Viruá and Ducke Reserve.

M5

3450



Agradecimentos

Agradecer a todos aqueles que de alguma forma fizeram parte da história do sistema RAPELD é uma tarefa árdua, se não impossível. Neste livro, tentamos consolidar mais de uma década de muito planejamento e experiências práticas, frutos de uma enorme dedicação coletiva que surgiu da iniciativa de um pequeno grupo de pesquisadores que acabaram por criar um sistema pioneiro e replicável em qualquer ecossistema terrestre do planeta. O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) providenciou infraestrutura e contrapartida para os outros programas. A produção e publicação deste livro contaram com a ajuda de diversos colegas e instituições, alunos de pós-graduação e graduação, técnicos de campo, curadores, políticos e analistas ambientais. A edição do livro foi parcialmente financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, Projeto Temático associado ao Programa Biota, Proc. 2006/60954-4) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), cujas contribuições foram inestimáveis para tornar possível a elaboração de um material ricamente ilustrado e construído com base na história do RAPELD. Algumas iniciativas na área de pesquisa em biodiversidade foram imprescindíveis para transformar em realidade as ideias e planos iniciais, como o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), o Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD)

Acknowledgements

Acknowledging all those who somehow were part of the RAPELD system history is an arduous task, if not impossible. In this book, we tried to consolidate more than a decade of practical experience and a lot of planning, fruits of a huge collective dedication that arose from the initiative of a small group of researchers who eventually created a pioneer and replicable system in any terrestrial ecosystem on the planet. The National Institute for Amazonian Research (INPA) has provided infrastructure and was a counterpart for other programs. The production and publication of this book had the help of many colleagues and institutions, graduate and undergraduate students, field technicians, curators, politicians and environmental analysts. The edition of the book was partially funded by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado

e o Centro de Estudos Integrados da Biodiversidade Amazônia (CENBAM), todas estas frutos da visão moderna e do suporte do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Em diferentes momentos, foram importantíssimas as contribuições das representantes da Coordenação da Biodiversidade do MCTI, especialmente Ione Egler, Claudia Morosi Czarneski, Maria Luiza Braz Alves e Mercedes Bustamante. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) financiou muitos dos programas que apoiaram os estudos e a Rede Europeia de Observação da Biodiversidade (EU BON) financiou as etapas finais do livro. Muitas das ideias que foram integradas no RAPELD foram frutos de interações com outros programas, como o Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD), Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX), Rede de Pesquisa para o uso Sustentável e a Conservação do Cerrado (COMCERRADO), Rede Global de Observação da Biodiversidade do Grupo de Observações da Terra (GEO BON), a Rede de Avaliação e Monitoramento de Ecologia Tropical (TEAM), o Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), o Centro para Ciências das Florestas Tropicais (CTFS) e a Rede Amazônica de Inventários Florestais (RAINFOR). Os alunos foram apoiados pelo CNPq e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Nada podia ter sido feito sem o apoio dos Núcleos regionais do PPBio e do CENBAM. Muito da infraestrutura de campo e dados dos estudos de longo prazo foram frutos

de São Paulo (FAPESP, Thematic Project associated with Biota, Proc. 2006/60954-4) and the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), which contributions were invaluable to make possible the development of a richly illustrated material, based on the history of RAPELD. Some initiatives in the area of biodiversity research were essential to transform into reality the initial ideas and plans, such as the Program for Planned Biodiversity Research (PPBio), the Program for Long Term Ecological Research (LTER) and the Center for Integrated Studies of Amazon Biodiversity (CENBAM), all derived of the modern vision and the support of the Ministry of Science, Technology and Innovation (MCTI). At different times, very important contributions from representatives of the Biodiversity Coordination of MCTI were made, especially from Ione Egler, Claudia Morosi Czarneski, Maria Luiza Alves Braz and Mercedes Bustamante. The National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) funded programs that supported many of the studies and the European Biodiversity Observation Network (EU BON) funded the final stages of the book. Many of the ideas that have been incorporated into RAPELD were derived from interactions with other programs, such as the Program for Long Term Ecological Research (LTER), Support Program for Centers of Excellence (PRONEX), Research Network for the Conservation and Sustainable Use of the Cerrado (COMCERRADO), Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network (GEO BON), Tropical Ecological Assessment and Monitoring Network (TEAM), the Biological Dynamics of Forest Fragments Project (PDBFF), the Center for Tropical Forest Science (CTFS) and the Amazon Forest Inventory Network (RAINFOR). The

dos bolsistas, especialmente, Julio do Vale, Débora Drucker, Victor Landeiro, Ricardo Romero, Raimunda Nazaré Oliveira de Araújo, Maria Carmozina de Araújo e Andresa Saraiva. O apoio dos funcionários do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) de todas as Unidades de Conservação estudadas foi essencial, assim como os donos de terra em áreas privadas onde o RAPELD foi instalado. Também agradecemos às pessoas que cederam fotos e imagens, dentre elas André do Amaral Nogueira, Andressa Scabin, Anselmo d’Affonseca, Carlos Eduardo Barbosa, Diogo Cesar Lagroteria Faria, Eduardo Rizzo, Fernando Figueiredo, Gabriela Zuquim, Gabriel Moulatlet, Helder Mateus Viana Espírito Santo, Itanna Fernandes, Jorge Souza, Jake Bryant, Juliana Schietti, Keith Williams, Marcelo Gordo, Marcos Silveira, Mário Henrique Terra Araujo, Martin Acosta, Pedro Ivo Simões, Phillip Klauvin, Scott Saleska, Sérgio Marques de Souza, Taylor Nunes, Thaise Emilio Lopes de Sousa e Vitor Dias Tarli. Adriano Premibida (Fundação Amazônica de Defesa da Biosfera, FDB) cuidou de nossas finanças e Fernando Sian Martins, o Madruga, (Áttema Editorial) foi muito paciente com nossas constantes correções do texto. Todos têm nossos sinceros agradecimentos. ■

students were supported by CNPq and the Coordination of Improvement for Higher Education Personnel (CAPES). Nothing could have been done without the support of PPBio Regional Hubs and CENBAM. Much of the infrastructure and field data from long-term studies were fruits of scholarships holders, especially Julio do Vale, Débora Drucker, Victor Landeiro, Ricardo Romero, Raimunda Nazaré Oliveira de Araújo, Maria Carmozina de Araújo and Andresa Saraiva. The support of the Chico Mendes Institute for Biodiversity (ICMBio) staff in all protected areas studied was essential, as well as the land owners of private areas where RAPELD was installed. We also thank the people who provided photos and images, such as André do Amaral Nogueira, Andressa Scabin, Anselmo d’Affonseca, Carlos Eduardo Barbosa, Diogo Cesar Lagroteria Faria, Eduardo Rizzo, Fernando Figueiredo, Gabriela Zuquim, Gabriel Moulatlet, Helder Mateus Viana Espírito Santo, Itanna Fernandes, Jorge Souza, Jake Bryant, Juliana Schietti, Keith Williams, Marcelo Gordo, Marcos Silveira, Mario Henrique Araújo Terra, Martin Acosta, Pedro Ivo Simões, Phillip Klauvin, Scott Saleska, Sérgio Marques de Souza, Taylor Nunes, Thaise Emilio Lopes de Sousa and Vitor Dias Tarli. Adriano Premibida (Fundação Amazônica de Defesa da Biosfera, FDB) took care of our finances and Fernando Sian Martins (Áttema Editorial) was very patient with our constant corrections of the text. They all have our sincerest thanks. ■





Instituições de Apoio



Programa de Pesquisa em Biodiversidade – PPBio

O Programa de Pesquisa em Biodiversidade – PPBio (<http://ppbio.inpa.gov.br/>) é um programa do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI (<http://www.mcti.gov.br/>) iniciado em 2004 para aprimorar as pesquisas sobre a biodiversidade brasileira. O PPBio prevê a implementação de infraestrutura de apoio à pesquisa, incluindo o estabelecimento de sítios de pesquisa de longa duração, apoio logístico, produção de guias de campo e formação de recursos humanos. O primeiro sítio de amostragem do PPBio, que usa o sistema RAPELD, foi instalado na Reserva Ducke, que é gerenciada pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA (<http://www.inpa.gov.br/>), dentro do sítio de Pesquisa Ecológica de Longa Duração da Amazônia central - PELD Sítio 1 (<http://peld.inpa.gov.br/>). O PELD é um programa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (<http://www.cnpq.br/>).

Supporting Institutions



Program for Biodiversity Research – PPBio

The Program for Biodiversity Research – PPBio (<http://ppbio.inpa.gov.br/>) is a program of the Ministry of Science, Technology and Innovation – MCTI (<http://www.mcti.gov.br/>) initiated in 2004 and designed to stimulate biodiversity research in Brazil. The PPBio aims to implement infrastructure for scientific research, including long-term research sites, logistic support, production of field guides and training. The first PPBio sampling site, which uses RAPELD methodology, was installed in Reserva Ducke, that is managed by the National Institute of Amazonian Research - INPA (<http://www.inpa.gov.br/>) within the Long-Term Ecological Research Site (LTER) of Central Amazonia - PELD Site 1 (<http://peld.inpa.gov.br/>). PELD is a program of the Brazilian National Research Council – CNPq (<http://www.cnpq.br/>).



Instituto Nacional de
Ciência e Tecnologia da
Biodiversidade Amazônica –
CENBAM

O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Biodiversidade Amazônica - CENBAM (<http://ppbio.inpa.gov.br/cenbam/inicio>) é uma rede de instituições amazônicas que desenvolvem pesquisa sobre biodiversidade. O objetivo principal do CENBAM é o de integrar ações relacionadas a componentes específicos das Diretrizes para a Política Nacional da Biodiversidade (DPNB) em cadeias funcionais de produção de conhecimento, ou seja, criar e consolidar cadeias de produção baseadas em conhecimentos científicos sólidos que se iniciam com estudos sobre a biodiversidade, gerando, ao final, informações, produtos ou processos importantes para usuários específicos a curto, médio e longo prazo.



Rede Europeia de
Observação da
Biodiversidade (EU BON)

O principal objetivo do EU BON é a
construção de uma parte substancial



The National Institute of
Science and Technology of
Amazonian Biodiversity –
CENBAM

The National Institute of Science and Technology of Amazonian Biodiversity – CENBAM (<http://ppbio.inpa.gov.br/cenbam/inicio>) is a network of Amazonian institutions that conduct research on biodiversity. The principal objective of CENBAM is to integrate actions related to specific aspects of the Directives for the National Biodiversity Policy (DPNB) in functional knowledge production chains. That is, to create and consolidate knowledge-production chains based on solid scientific research, that start with studies about biodiversity and produce information, products or processes useful to different users in the short, medium and long terms.



European Biodiversity
Observation Network
(EU BON)

The main objective of EU BON is to build a substantial part of the Group on Earth Observation's Biodiversity Observation Network (GEO BON). In light of the new Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services

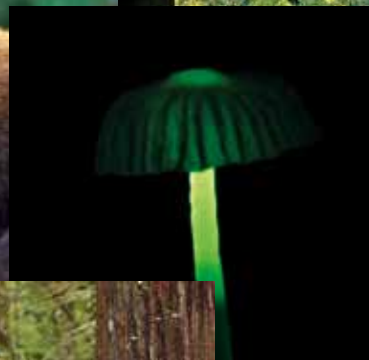
da Rede Global de Observação da Biodiversidade do Grupo de Observações da Terra (GEO BON). À luz da nova Plataforma Intergovernamental Científico-Política sobre Biodiversidade e Serviços de Ecossistemas (IPBES), tal rede e abordagem são fundamentais para a realização de processos eficientes de agregação de dados, análise e fornecimento às partes interessadas. O EU BON é financiado pela União Europeia no âmbito do programa-quadro 7, Contrato n.º 308454. Este livro foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta publicação reflete apenas a perspectiva dos autores, e a Comissão não pode ser responsabilizada por qualquer uso que possa ser feito das informações nele contidas. ■

(IPBES), such a network and approach are imperative for attaining efficient processes of data collation, analysis and provisioning to stakeholders. EU BON is funded by the European Union under the 7th Framework programme, Contract No. 308454. This book has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein. ■





O monitoramento da biodiversidade não é meramente uma empreitada acadêmica. Ainda que a representação da biodiversidade, a estrutura espacial e a integração com informações sobre o ambiente sejam temas essenciais, é imprescindível pensar no contexto político em que serão tomadas as decisões e em como incorporar parceiros, já que os pesquisadores têm uma capacidade limitada de ação. Por fim, é fundamental planejar o gerenciamento dos dados para potencializar o uso e garantir sua longevidade. Este livro trata destas questões com base na experiência de mais de uma década na implementação do sistema RAPELD na Amazônia brasileira.



Biodiversity monitoring is not merely an academic endeavor. Although the representation of biodiversity, the spatial structure and integration with environmental information are key issues, it is essential to think about the political context in which decisions will be made and how to incorporate stakeholders, since researchers have a limited capacity for action. Ultimately, it is fundamental to plan the management of data to maximize use and to ensure longevity. This book addresses these questions based on the experience of over a decade in implementing the RAPELD system in the Brazilian Amazon.

