



AGENDA CIENTÍFICA

DO PROGRAMA DE PESQUISA EM BIODIVERSIDADE

PPBIO

SCIENTIFIC AGENDA OF THE BIODIVERSITY RESEARCH PROGRAM – PPBIO



Capa
Pupa de uma borboleta em um pequeno ramo.
Foto: Antônio Carlos Freitas

Ipê-rosa (*Handroanthus heptaphyllus*)
Foto: Walfrido Tomas



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



Agenda Científica do Programa de Pesquisa em Biodiversidade – PPBio
Scientific agenda of the Biodiversity Research Program - PPBio

Iniciativa / Initiative:

GOVERNO FEDERAL/ FEDERAL GOVERNMENT

Jair Messias Bolsonaro

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES - MCTI /
MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION**

MINISTRO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

Marcos Cesar Pontes

SECRETARIA DE PESQUISA E FORMAÇÃO CIENTÍFICA

Marcelo Marcos Morales

DIRETOR DO DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Savio Tulio Oselieri Raeder

COORDENADOR GERAL DE CIÊNCIA PARA BIODIVERSIDADE

Luiz Henrique Mourão do Canto Pereira

Preparado por / Made by:

Adrian A. Garda – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Alberto Akama – Museu Paraense Emílio Goeldi

Carlos Eduardo V. Grelle – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Helena G. Bergallo – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Geraldo W. Fernandes – Universidade Federal de Minas Gerais

Gerhard E. Overbeck – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Guarino Colli – Universidade de Brasília

Walfrido Tomas – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

William E. Magnusson – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Com contribuições de / With contributions from:

Freddy Bravo – Universidade Estadual de Feira de Santana

Luciano P. Queiroz – Universidade Estadual de Feira de Santana

Mariana M. Vale – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Paulo S. D'Ándrea – Fundação Oswaldo Cruz

Rogério R. Oliveira – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Rosana Gentili – Fundação Oswaldo Cruz

Rui Cerqueira – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Apoio / Support:

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI

AGENDA CIENTÍFICA

DO PROGRAMA DE PESQUISA EM BIODIVERSIDADE

PPBIO

ADRIAN A. GARDA

ALBERTO AKAMA

CARLOS EDUARDO V. GRELLE

GERALDO W. FERNANDES

GERHARD E. OVERBECK

GUARINO COLLI

HELENA G. BERGALLO

WALFRIDO TOMAS

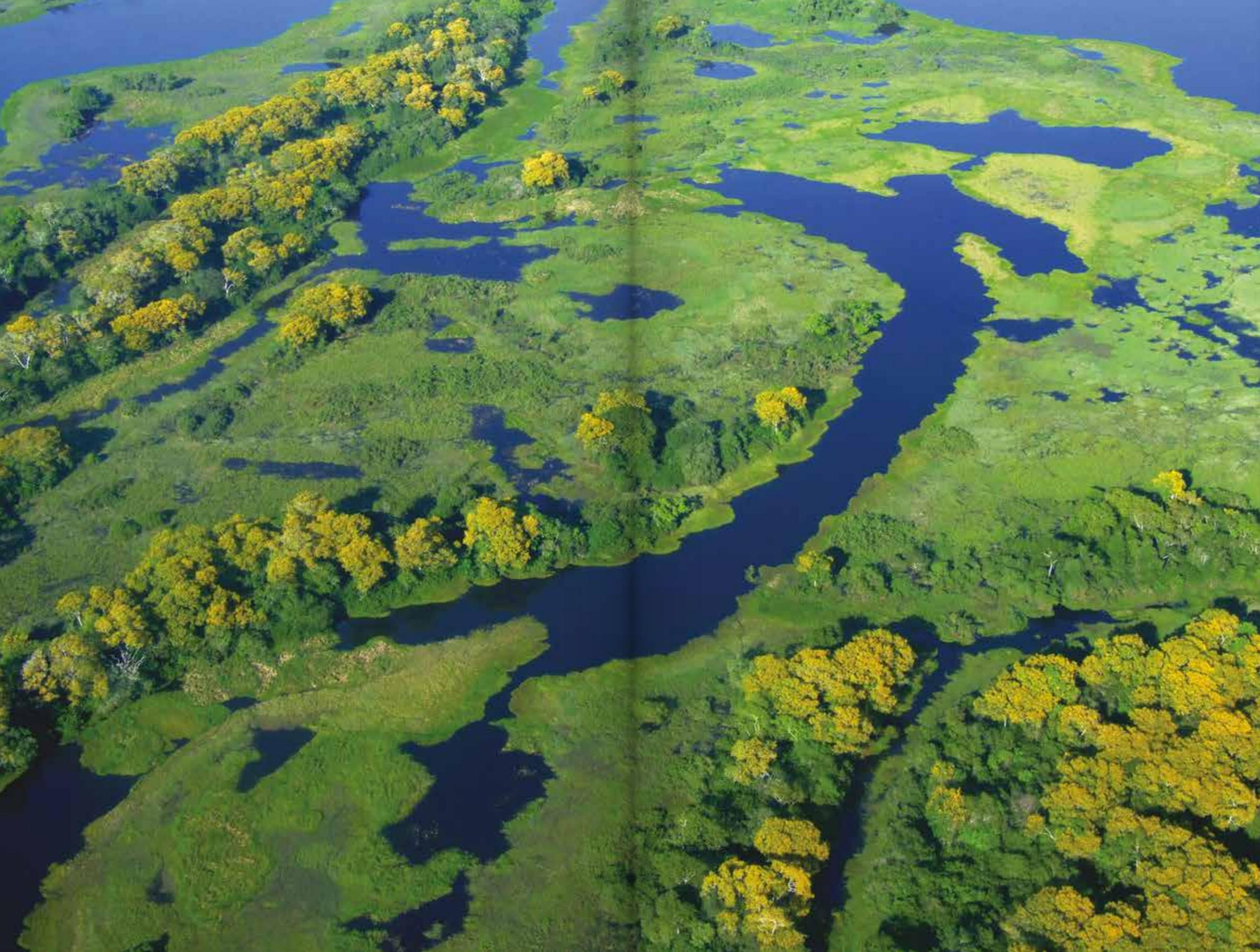
WILLIAM E. MAGNUSSON

BELO HORIZONTE

2021

ÍNDICE

BRASIL UM PAÍS MEGADIVERSO	11
PROGRAMA DE PESQUISA EM BIODIVERSIDADE DO BRASIL: UMA BREVE VISÃO GERAL	17
PROGRAMA DE PESQUISA EM BIODIVERSIDADE DO BRASIL: OBJETIVOS E METAS	21
LINHAS DE AÇÕES DO PPBIO	25
BIODIVERSIDADE E SOCIEDADE	29
EQUIPE DO PPBIO	51
AS REDES DE PESQUISA EM TODAS AS REGIÕES DO BRASIL	53
ESTRATÉGIA DE DISSEMINAÇÃO	67
FINANCIAMENTO	67
REFERÊNCIAS	69
ENGLISH VERSION	77



BRASIL
**UM PAÍS
MEGADIVERSO**



O Brasil é o país que contém a maior diversidade de espécies de plantas e animais do planeta. Essas espécies ocorrem em uma variedade de ecossistemas em um país que cobre quase que a metade da América do Sul. As florestas úmidas cobrem metade norte do país, parte da maior floresta tropical do mundo. O outro sistema de floresta tropical, a Mata Atlântica, se estende ao longo da maior parte da costa do Atlântico, com variação altitudinal considerável. O centro do país sustenta o Cerrado, a maior região de savana do continente e a savana mais rica em espécies do mundo, um complexo de fisionomias dependente do fogo. A Caatinga, dominada por florestas tropicais sazonalmente secas, ocorre no nordeste do país ao sul da Amazônia. No sul, os campos do bioma Pampa formam a parte norte da extensa região de campos temperados que continua nos países vizinhos Uruguai e Argentina. No Sudoeste, o Pantanal constitui um complexo único de ecossistemas úmidos com marcados ciclos de inundações que continua no norte do Paraguai e Argentina e no sul da Bolívia. Os ecossistemas montanhosos do leste, centro e norte do Brasil ocupam uma área relativamente pequena, mas detêm habitats únicos e uma flora extremamente rica, muitas vezes apresentando uma transição entre os biomas. O litoral de quase 7500 km sustenta uma diversidade de ecossistemas na interface entre terra e oceano. As estimativas são que cerca de 13% da biota mundial são encontradas no Brasil (Lewinsohn & Prado 2005).

Natureza e biodiversidade são essenciais para a sociedade humana. A natureza provê inúmeros benefícios: fornece ar puro e água fresca, produz alimentos, forragem e fibras e é espaço para lazer e relaxamento, bem como para inspiração espiritual. A própria biodiversidade contribui

Página anterior

Vista aérea do Pantanal

Foto: Walfrido Tomas

Página esquerda

Perereca arborícola *Dendropsophus mijatai*, da Floresta Amazônica

Foto: Miqueias Ferrão

Cnemidophorus gr. lemniscatus, que habita área de solo arenoso na região amazônica, como margens de rios e enclaves de savanas

Foto: Antonio C. Freitas

substancialmente para esses serviços, mas muitas dessas relações são pouco conhecidas e difíceis de medir, e a natureza ou a alta biodiversidade são muitas vezes consideradas um obstáculo ao desenvolvimento econômico. Isso levou à situação atual de rápida mudança do uso da terra, onde os ecossistemas naturais estão sendo transformados sem terem sua importância avaliada. As áreas protegidas e a legislação ambiental visam garantir que uma parcela significativa dos ecossistemas naturais permaneça. No entanto, em países com uma economia dinâmica e uma diversidade de situações socioeconômicas, como o Brasil, a implementação dessas políticas é um enorme desafio. O principal problema para uma consideração mais consistente da biodiversidade em todos os aspectos da sociedade é justamente a falta de conhecimento sobre ela: os benefícios fundamentais da natureza e da biodiversidade para todos os setores da sociedade muitas vezes não são conhecidos, o que significa que sua importância não é apreciada pelas pessoas que dele dependem.

O Programa Brasileiro de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) é um programa estratégico no âmbito nacional para ampliar o conhecimento sobre a imensa biodiversidade brasileira. O estabelecimento do PPBio em 2005 foi em decorrência do estabelecimento de diretrizes no âmbito da Política Nacional do Meio Ambiente. O programa abrange todo o país e, portanto, destina-se a preencher lacunas de conhecimento, especialmente em regiões com difícil acesso e, portanto, déficits históricos em termos de conhecimento científico. Embora a obtenção de dados científicos robustos sobre a biodiversidade seja um objetivo importante do programa, considerando não apenas a diversidade taxonômica, mas também a genética populacional e os aspectos evolutivos; também visa compreender padrões de distribuição de plantas e animais e do processo ecológico que resultam nos padrões atuais. Isso permite a definição de áreas que sejam de alta prioridade para a conservação, e também desembaraçam os fatores que mantêm a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. A sociedade humana é um aspecto importante dos ecossistemas; assim o PPBio desenvolve mecanismos para a utilização

sustentável da biodiversidade, contribuindo para a segurança alimentar e sanitária e a manutenção da rica diversidade cultural do país fortemente ligada ao ambiente natural. O PPBio é importante para avaliar os impactos dos processos de mudanças globais na biodiversidade e, portanto, na sustentabilidade de nossas sociedades. A Figura 1 mostra os elementos principais do programa: da amostragem da biodiversidade em campo a aplicação em diferentes setores.

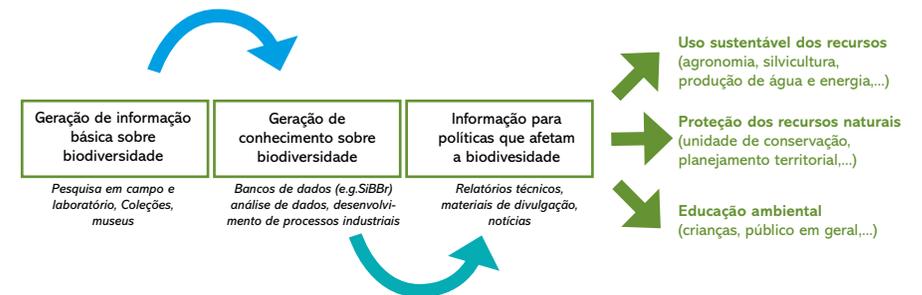


Figura 1: Cadeia de conhecimento do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio): Produção e disseminação de conhecimento da biodiversidade

Melocactus violaceus, espécie endêmica do Brasil e ameaçada de extinção
Foto: Helena G. Bergallo





Pequeno ratinho do campo rupestre *Thrichomys* sp.
Foto: Geraldo Fernandes

Página direita

A imponente gralha-picaça, *Cyanocorax chrysops*, habita cerradão, capoeiras, bordas de florestas e matas ciliares.
Foto: Walfrido Tomas





PROGRAMA DE PESQUISA EM BIODIVERSIDADE DO BRASIL: **UMA BREVE VISÃO GERAL**

Em 1992, o Brasil sediou a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a ECO-92. Um dos principais documentos gerados na ECO-92 foi a Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB). Seu texto estabelecia três obrigações a serem cumpridas pelos países signatários: 1) a conservação da diversidade biológica, 2) o uso sustentável de seus componentes e 3) a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos.

Passados 10 anos, o Brasil implementou a Política Nacional da Biodiversidade em consonância com CDB. Entretanto, estava claro que faltavam pesquisas e ações para converter iniciativas isoladas em cadeias de produção de conhecimento, programas que gerassem conhecimentos largamente distribuídos para diferentes setores da sociedade, incluindo os tomadores de decisão e o compartilhamento de dados de forma aberta. Nesse contexto, após diversas reuniões envolvendo pesquisadores e setores envolvidos com a biodiversidade brasileira, o então Ministério de Ciência e Tecnologia criou em 2004 o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio).



Mata Atlântica, vertente leste da Serra do Espinhaço, Minas Gerais
Foto: Antonio Cruzoni

Página anterior

Gavião real, *Harpia harpyja*, habita a floresta amazônica e outras formações florestais.
Foto: William Magnuson

No primeiro momento, apenas a Amazônia e a Caatinga iniciaram as atividades referentes ao PPBio em 2005, ano que de fato marca o início das atividades do programa. Mas as experiências positivas do PPBio foram usadas como exemplo para a criação das redes de pesquisa do Pantanal e do Cerrado. Em 2012, o PPBio foi ampliado para incluir todos os biomas (Figura 2).

No início de 2017, o Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação, promoveu discussões para reorientar a missão, o escopo e a estrutura do programa, de forma que o PPBio passasse a assumir uma posição de liderança nacional na provisão de informação científica para a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas. Um dos maiores desafios dessa nova etapa é o de promover a aproximação e o diálogo entre os cientistas e atores governamentais, de forma que o conhecimento gerado possa ser amplamente utilizado na formulação de políticas públicas.

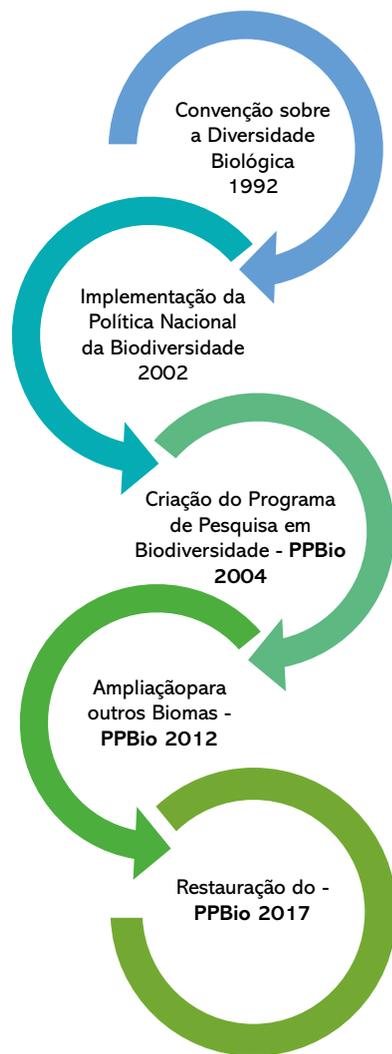


Figura 2 Sequência de acontecimentos que influenciaram na formação do Programa de Pesquisa em Biodiversidade e sua atual reestruturação.

Pato-corredor *Neochen jubata* no Rio Araguaia
Foto: Fernando Carvalho



PROGRAMA DE PESQUISA EM BIODIVERSIDADE DO BRASIL: **OBJETIVOS E METAS**

O Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio) tem por objetivo integrar as pesquisas biológicas no Brasil em cadeias eficientes de produção científico/tecnológica (ver Fig. 1). O PPBio atua através da articulação de grupos de pesquisa em núcleos regionais, promovendo a capacitação de recursos humanos locais em diversos níveis, desde assistentes de campo e parataxonomistas até alunos de ensino básico e médio, técnicos de laboratório e alunos de graduação e de pós-graduação. Além disso, viabiliza a adequação de infraestrutura, como museus, herbários e coleções vivas, a instalação e recuperação de equipamentos e laboratórios, e o intercâmbio necessário para o aproveitamento dos recursos disponíveis. O planejamento e a execução dessas atividades são realizados em colaboração com os usuários das informações, como laboratórios de biotecnologia, gestores de unidades de conservação, áreas de produção madeireira e órgãos responsáveis para avaliação de impactos ambientais e monitoramento de áreas de influência de grandes obras.

O PPBio coordena uma rede de trabalho inovadora entre instituições que atuam em pesquisa em biodiversidade, usando os recursos disponíveis para aprofundar o conhecimento sobre biodiversidade e os fatores que a afetam, integrando diferentes partes da cadeia de produção de conhecimento para obter produtos úteis para a sociedade, o que atua como um catalisador para atrair novas fontes de financiamento para a pesquisa em biodiversidade.

O principal objetivo do PPBio é de responder as grandes questões sobre a biodiversidade brasileira e subsidiar a implementação de políticas públicas voltadas para sua conservação e uso sustentável dos recursos naturais do Brasil. Também, tem a responsabilidade de propor ações e soluções, baseadas em conhecimentos científicos, que aprimorem as estratégias nacionais, regionais e locais de planejamento e de desenvolvimento, de forma a subsidiar, adequar e avaliar as políticas públicas de promoção da conservação e

Página anterior

Cerro na Serra do Caverá nos Campos Sulinos

Foto: Gerhard Overbeck

do uso sustentável da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. O Programa está intimamente relacionado aos objetivos estratégicos que orientam as Metas de Aichi e as Metas Nacionais de Biodiversidade.

Dessa forma, o Programa tem por objetivo a geração e disponibilização de conhecimentos científicos para as seguintes atividades:

A. Assegurar a conservação da biodiversidade, a integridade e a funcionalidade dos habitats e ecossistemas. Dentro deste objetivo, a pesquisa científica é direcionada para atender as seguintes metas:

- Acessar o estado de conservação, tendências e funcionamento de sistemas biológicos;
- Aumentar o entendimento das causas e mecanismos de mudança e pressão sobre a biodiversidade e ecossistemas, incluindo os processos evolucionários;
- Aumentar o entendimento sobre os mecanismos que controlam a integridade e funcionamento dos ecossistemas e desenvolver orientação para o manejo, a conservação e a restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

B. Assegurar a manutenção e a provisão dos serviços ecossistêmicos. Dentro deste objetivo a pesquisa científica é direcionada para atender as seguintes metas:

- Definir, medir e valorar os serviços ecossistêmicos e o seu uso pela sociedade;
- Entender os relacionamentos entre o funcionamento dos sistemas complexos e nossa capacidade de extrair serviços sem que esses ecossistemas sejam degradados
- Identificar serviços ecossistêmicos que tenham sido degradados e desenvolver métodos para a sua restauração;
- Aprimorar o manejo sustentável e o uso dos ecossistemas e da biodiversidade.

C. Promover ações de adaptação e mitigação da pressão das atividades antrópicas sobre a biodiversidade e os ecossistemas. Dentro deste objetivo, a pesquisa científica é direcionada para atender as seguintes metas:

• Entender os efeitos das mudanças climáticas, mudanças no uso da terra, poluição, sobre-exploração e invasão de espécies não nativas, bem como desenvolver estratégias de mitigação;

• Entender a resiliência dos ecossistemas e a interação entre os efeitos das pressões antrópicas a fim de evitar mudanças indesejáveis que não sejam reversíveis.



A degradação dos habitats tem levado à perda de serviços ecossistêmicos como a polinização
Foto: Suiane Oleques

Cerro na Serra do Caverá nos Campos Sulinos
Foto: Gerhard Overbeck.

O açaí (*Euterpe oleracea*) é polinizado por muitas abelhas e é muito importante na economia brasileira
Foto: José Sabino

As borboletas e mariposas são excelentes polinizadores de espécies tanto nativas quanto da agricultura
Foto: José Sabino



LINHAS DE AÇÕES DO PPBIO

Os objetivos propostos pelo PPBio são alcançados através das seguintes ações:

A. Manutenção e desenvolvimento de uma rede de centros de estudo de biodiversidade que seja capaz de implementar cadeias funcionais de produção de conhecimento;

B. Criação e manutenção da capacidade para manter coleções biológicas em todas as regiões brasileiras;

C. Estímulo à formação de especialistas em sistemática que revelem a relação entre espécies, sendo um importante requerimento para taxonomia, ecologia, comportamento, genética, medicina, agronomia e conservação, entre outros;

D. Modernizar acervos biológicos, fortalecendo a infraestrutura, criando meios para gerenciar os acervos biológicos, incentivando a informatização e tornando os dados acessíveis e integrados na rede;

E. Desenvolver métodos padronizados e integrados de levantamento biológico para uso em estudos de impacto ambiental, monitoramento de unidades de conservação, certificação florestal e sítios de Projetos Ecológicos de Longa Duração (PELD), que fornecerão dados e materiais para taxonomia e sistemática, estudos genéticos, estudos ecológicos, bioprospecção, ações de conservação e restauração ecológica, planejamento do uso da terra e a avaliação de grandes impactos, como os causados por empreendimentos com infraestrutura de grande vulto e pelas mudanças climáticas;

F. Integrar programas de capacitação de recursos humanos em todos os níveis de formação, desde grupos comunitários até programas de pós-graduação, utilizando recursos humanos existentes e treinando professores locais para ministrar cursos regulares em suas regiões;

Página anterior

Floresta Estacional Semidecidual durante a estação seca no Pantanal.

Foto: Helena G. Bergallo.

G. Remover gargalos na infraestrutura que impedem a implementação de cadeias efetivas de produção de conhecimento sobre a biodiversidade em instituições no Brasil;

H. Promover ações estratégicas para integrar os estudos sobre a biodiversidade em países de América Latina e com iniciativas de outros continentes;

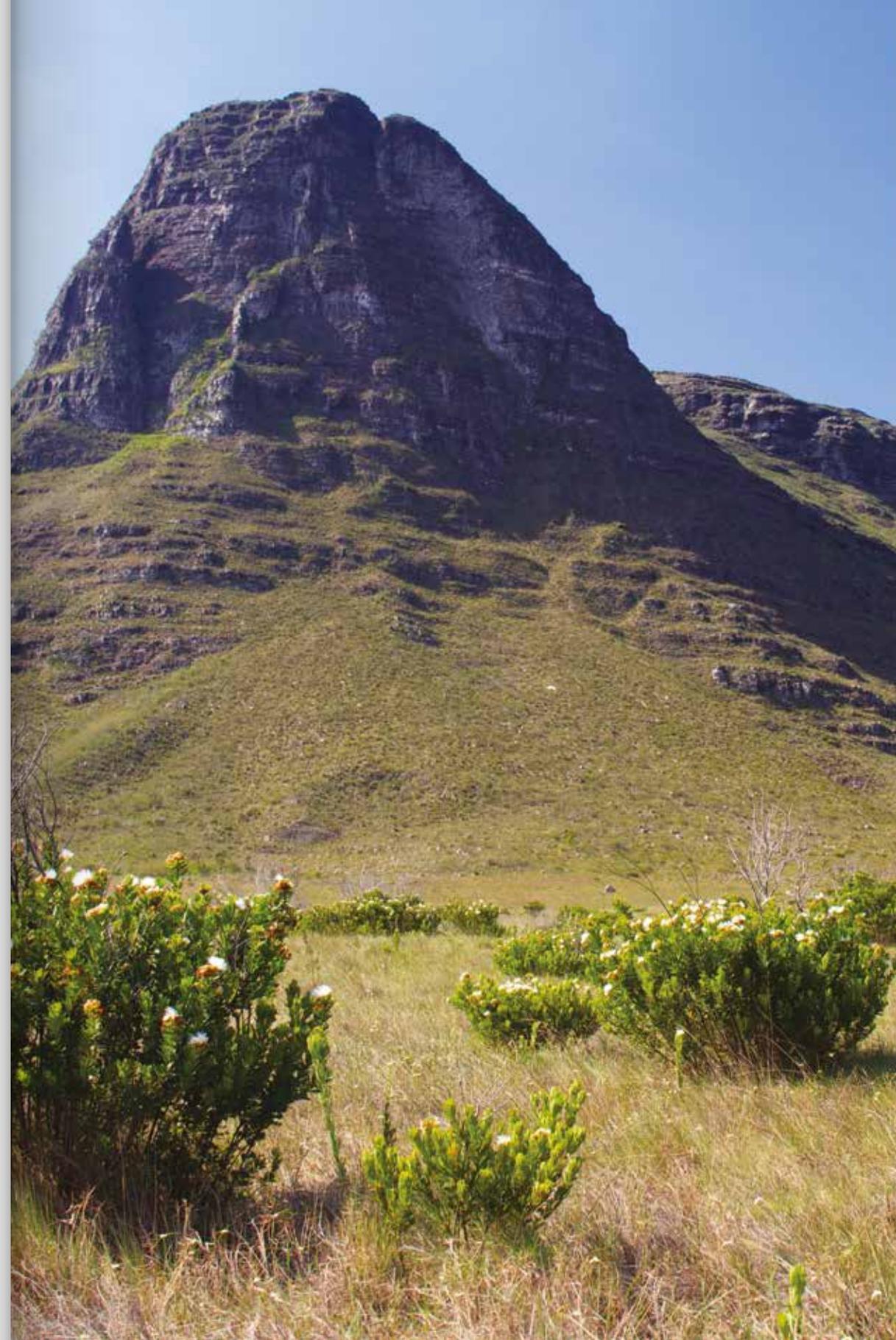
I. Disponibilizar os dados da rede PPBio no Sistema de Informação da Biodiversidade Brasileira (SiBB) e em outras redes de tecnologia de informação e desenvolver interfaces de uso da informação de forma que os dados sejam úteis para o público geral, tomadores de decisão e outros interessados e possibilitem o atendimento das obrigações do Brasil em tratados internacionais;

J. Promover a divulgação de informações sobre a biodiversidade brasileira para a população em geral de forma a aprimorar o conhecimento sobre a biodiversidade em todos os segmentos da sociedade brasileira.



Curso de monitoramento da biodiversidade e instalação de infraestrutura em Villa Mercedes, Argentina
Foto: Helena G. Bergallo.

Chapada de Diamantina, Bahia. No primeiro plano se observa a leguminosa, *Calliandra sp.*
Foto: Adrian Garda





BIODIVERSIDADE E SOCIEDADE

a) Conservação e biodiversidade

A necessidade de preservar nosso patrimônio da biodiversidade é reconhecida globalmente, embora ainda estejamos longe da incorporação desse entendimento em diferentes áreas da política que afetam a biodiversidade, especialmente aqueles sobre a legislação do uso da terra. A biodiversidade tem muitos aspectos, que vão desde a diversidade genética até a diversidade de espécies e ecossistemas. Do mesmo modo, a conservação da biodiversidade precisa atuar em diferentes níveis e, além disso, precisa considerar os aspectos sociais e econômicos.

Uma das principais estratégias de conservação da biodiversidade é o estabelecimento de áreas protegidas. Com exceção da Amazônia, a proporção de áreas protegidas nos biomas brasileiros está abaixo das recomendações internacionais e abaixo dos requisitos para atender as metas de conservação internacionais. Para o estabelecimento de novas áreas protegidas, a informação sobre a distribuição de espécies e ecossistemas é crucial, especialmente no que diz respeito às espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. A maioria dos mapas existentes de áreas prioritárias para conservação não se baseiam em dados detalhados de distribuição e são especialmente deficientes em áreas remotas onde a biodiversidade é amplamente desconhecida. Tanto o aumento dos esforços para levantamentos e coleta de biodiversidade quanto a expansão da amostragem quantitativa, são de grande importância para aumentar a eficiência da conservação através de áreas protegidas. Contudo, hoje, a identificação de áreas prioritárias para a conservação depende não só de presenças confirmadas de espécies alvo, como também na modelagem de áreas de distribuição baseadas em informações ambientais e dados de presença/ausência de espécies. Isso torna

As plantas podem ter valor estético e ornamental gerando renda para famílias mais pobres Serra do Espinhaço na região de Diamantina, MG

Foto: Helena G. Bergallo.

Página seguinte

O Cerrado tem um importante papel na provisão de água para várias bacias que abastecem o Nordeste e Sudeste do Brasil

Foto: Geraldo Fernandes





A borboleta *Myscelia orsis*, popularmente conhecida como Ametista-real é encontrada em florestas primárias e secundárias.

Foto: José Sabino

obrigatório registrar variáveis ambientais relevantes em conjunto com espécies e é especialmente importante para o desenvolvimento de estratégias de conservação à luz dos processos de mudança global, como as mudanças climáticas.

A informação sobre biodiversidade também é crucial para o estabelecimento de critérios claros para a seleção de locais adequados para o estabelecimento da Reserva Legal, bem como para a concessão de autorização de mudança de uso da terra. Ambos os mecanismos contribuem para a proteção da biodiversidade através da preservação do habitat em terras privadas.

A variação genética dentro das espécies é o material para a adaptação ao nível de espécie. O conhecimento disso é especialmente importante no contexto das mudanças climáticas, onde as espécies precisarão se adaptar às mudanças nas condições ambientais. A conservação de espécies vegetais e animais deve, portanto, considerar não apenas a manutenção das espécies em si, mas a de populações distintas em toda a área de ocorrência. No Brasil, estudos de variação genética em espécies ou populações ainda são escassos; essa é claramente uma área de pesquisa onde são necessários mais estudos urgentemente e onde os sítios de amostragem e de monitoramento da Rede PPBio são de grande relevância.



Espécies carismáticas em seus habitats naturais podem incrementar o turismo

Foto: Walfrido Tomas

O fogo é um dos principais agentes de mudanças ambientais que afetam a ecologia e a evolução dos ecossistemas terrestres. É uma característica fundamental de ecossistemas inflamáveis, como os campos, savanas e florestas secas. A ocupação desordenada dos ambientes naturais pelo homem, aliada às mudanças climáticas recentes, tem promovido um aumento sem precedentes na intensidade e frequência de incêndios florestais. Essa alteração dos regimes naturais de fogo pode afetar profundamente as populações e comunidades, comprometendo sua permanência em longo prazo bem como os serviços ecossistêmicos que propiciam. Ainda, incêndios florestais podem causar grandes prejuízos sobre a economia e a saúde pública. Portanto, compreender as origens e consequências dos incêndios florestais é fundamental para práticas de manejo ambientalmente corretas e sustentáveis do fogo. Vários projetos conduzidos por grupos de pesquisa participantes do PPBio têm investigado os efeitos do fogo sobre populações e comunidades de animais e plantas nos biomas brasileiros. Esses estudos contribuem para o desenvolvimento e implementação de práticas de Manejo Integrado do Fogo em áreas protegidas e também para reduzir a incidência de incêndios catastróficos.

O foco sobre a descrição, quantificação e análise da biodiversidade em regiões bem conservadas continua a ser de grande relevância para aumentar



Envolvimento dos moradores do entorno do Parque Nacional do Pico da Neblina pertencentes às etnias dos Baniwas e Tucanos, no monitoramento da fauna e flora

Foto: Jailson Araújo.

O cachorro-do-mato, *Cerdocyon thous*, é um canídeo de porte médio que ocorre em todos os biomas brasileiros

Fotos Ludmila Hufnagel



Ouriço-cacheiro *Coendou insidiosus*, comendo frutas de uma palmeira em área urbana

Foto: Helena G. Bergallo.

o conhecimento da biodiversidade brasileira e identificar regiões que devem ser prioritárias para a conservação. No entanto, a conservação bem-sucedida precisa incluir aspectos econômicos e sociais e ser integrada com outras políticas de uso da terra. A seguir, apresentamos algumas áreas-chave de interação entre biodiversidade e sociedade onde o PPBio e os dados coletados pelo programa têm um imenso potencial para produzir impactos, tanto em termos de compreensão científica quanto em aplicações de conservação.

b) Biodiversidade e produção agrícola

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos do mundo e, ao mesmo tempo, um dos países mais questionados em relação à conservação da biodiversidade relacionada ao desenvolvimento do setor de agronegócio. Além do aumento na demanda para produtos agrícolas no futuro próximo, em escala global, há uma clara tendência no mercado internacional apontando para o aumento de exigências ambientais e a consideração de metas de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas como reguladores de mercado. Nesta perspectiva, é importante que o Brasil antecipe essas ques-

tões e adote abordagens inovadoras para manter e melhorar sua posição no cenário internacional, evitando o enfraquecimento de sua reputação e subsequente perda de oportunidades econômicas.

O Brasil tem potencial para mudar o seu papel de produtor de commodities para a posição de um grande ator ambiental, mas tal desenvolvimento exige uma transição cultural do agronegócio para um novo paradigma que incorpore uma agenda ambiental efetiva. Atualmente, há uma grande lacuna entre políticas de conservação e políticas que visam o fortalecimento do desenvolvimento agrônomo, muitas vezes devido a posições ideológicas contrastantes por políticos desinformados. Esta divisão é evidenciada pela atual tendência de reduzir níveis de proteção, inclusive de áreas protegidas, apesar do próprio agronegócio também depender dos recursos naturais. Por exemplo, tem sido demonstrado para a Amazônia que um aumento do desmatamento para aumentar a área agrícola deve causar uma redução da precipitação nas principais regiões de produção agrícola do país já existentes, resultando numa redução geral na produção de alimentos (Oliveira et al. 2013).



Dada a lacuna atual entre as políticas agrícolas e de conservação, não é surpreendente que os principais desafios de conservação no Brasil estão nas principais regiões agrícolas e de pecuária. O Cerrado, os Campos Sulinos e o Pantanal são regiões com rápidas perdas de áreas naturais e com baixos níveis de proteção (Overbeck et al. 2015), e as políticas atuais são ineficientes para parar esta tendência, apesar das grandes perdas de biodiversidade. Para preencher esta lacuna é necessário um conhecimento consistente do papel da biodiversidade na prestação de serviços ambientais e respostas à mudança da cobertura da terra. Exemplos incluem o papel de sistemas naturais para o fornecimento de água no Cerrado (Honda & Durigan 2016) e o armazenamento de carbono no solo (Berthrong et al. 2009). No Brasil, poucos estudos quantificaram os serviços ambientais de ecossistemas naturais e, quando as informações estão disponíveis, são

Além da importância no funcionamento dos ecossistemas e segurança hídrica e alimentar, os rios são importantes no turismo dado sua beleza.

Foto: José Sabino

Página anterior

Beiras de rio e riachos são Áreas de Preservação Permanente

Foto: Helena G. Bergallo



Beija-flores como o *Leucochloris albicollis* prestam um importante serviço de polinização.

Foto: Antônio Carlos Freitas

raramente utilizados em políticas públicas como em esquemas de pagamento para serviços ambientais (ver mais detalhe na próxima parte sobre Serviços Ambientais). Exemplos de sucesso existem para muitas regiões do mundo, e uma ferramenta para a avaliação da sustentabilidade tem sido elaborada, recentemente, para a atividade pastoril no Pantanal (Santos et al., 2017), possibilitando a certificação de fazendas que seguem boas práticas de manejo.

Conhecimentos sobre o papel da biodiversidade em sistemas ecossistêmicos devem ser a base de políticas públicas na área da produção agrícola, bem como mecanismos de certificação capazes de trazer o agronegócio exportado para uma adequada harmonização com a conservação. Isso significa uma mudança cultural na maneira como a conservação e a economia convergem para uma agenda comum de biodiversidade e conservação de serviços ecossistêmicos, que crie uma base de longo termo para uma pro-

dução sustentável. O PPBio tem um papel essencial na concretização dessa convergência, tanto pela experiência dos grupos de pesquisa quanto pela amplitude do programa em termos de regiões e ecossistemas. No entanto, o programa precisa avançar. Para isso, será necessário realizar um amplo diagnóstico e monitoramento do papel da biodiversidade em paisagens agrícolas e florestais, com o objetivo de definir estratégias e indicadores quantificáveis para o manejo adaptativo da paisagem em terras rurais, e melhorar os serviços ecossistêmicos além dos requisitos das leis do Brasil.

c) Serviços ambientais e benefícios da biodiversidade para o Brasil

O uso de serviços ecossistêmicos pode afetar a biodiversidade direta e indiretamente. Segundo o Millennium Ecosystem Assessment (2005), isso resulta em mudanças tanto na biodiversidade, quanto nos serviços ecossistêmicos em mais de uma escala e com diferentes interações, afetando o bem-estar humano. Na seção anterior, foi mostrada a relevância dos ser-

Corallus batesii, conhecida como periquitamboa, é uma cobra típica das florestas tropicais e responsável pelo controle de populações de roedores.

Foto: José Sabino





Pithecopus nordestinus é uma espécie de perereca endêmica do nordeste brasileiro e em cujo dorso foi encontrada uma substância com potencial contra leishmaniose.

Foto: Adrian Garda

viços ecossistêmicos para a produção agrícola, mas os serviços ambientais possuem muito mais dimensões. Por exemplo, a demanda por madeira pode levar a uma perda regional de cobertura florestal, o que aumenta a magnitude de inundações ao longo dos rios. De forma geral, os ecossistemas e biomas brasileiros contribuem de várias formas para o bem-estar humano por meio da provisão de serviços ecossistêmicos em escalas local, regional e global (Resende et al. 2014). Os tipos de serviços, a quantidade e a qualidade destes diferem entre os ecossistemas brasileiros. No Brasil, o Cerrado é responsável pela manutenção da dinâmica hídrica de diversas bacias brasileiras, como do Tocantins, Parnaíba, São Francisco, Paraná, Paraguai e Xingú, e para aquíferos como o Guarani. A vegetação do Cerrado, em particular os campos úmidos e as várzeas, regulam o fluxo de água e mantêm sua qualidade. Ainda, a presença de matas ciliares em todos os ecossistemas brasileiros funciona como um agente “tamponador” que reduz o custo do tratamento de

água em cerca de cem vezes em comparação com áreas desmatadas, onde é preciso usar diversos reagentes para tratar a água, sem falar em gastos com infra-estrutura e pessoal (Agência FAPESP 2014).

Outro serviço e função ecossistêmica importante é a polinização realizada por insetos, aves e morcegos; que contribui para que os ecossistemas possam comportar sistemas agrícolas. O Brasil é o quarto maior produtor e terceiro maior exportador de alimentos do mundo e isto se deve em grande parte aos serviços de polinização prestados por diversos animais. Para dimensionar a importância econômica da polinização, um estudo estimou que a substituição da polinização natural do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*, feita por abelhas mamangavas) pela polinização manual, incorreria em um custo de aproximadamente US\$ 1900/hectare/ano (Pereira Vieira et al. 2010). Ainda, considerando que dezenas de espécies alimentícias dependentes de polinizadores são cultivadas em milhões de hectares, o valor do serviço prestado gratuitamente por estes organismos está na casa dos bilhões de reais. Por exemplo, um recente estudo estimou que o efeito da perda dos serviços prestados pelos polinizadores nas principais espécies produtivas da agricultura brasileira reduziria a produção de 16,55-51 milhões de toneladas, o que resultaria em perdas na ordem de 4,86 a 14,56 bilhões de dólares/ano, e consequente redução da contribuição da agricultura no PIB de 6,46% a 19,36% (Novais et al. 2016).

Assim como a polinização artificial, a manutenção da biodiversidade em viveiros ou casas de vegetação incorreria em custos enormes devido à infraestrutura, mão de obra, manutenção dos espécimes, solo e água, dentre outros. O valor monetário estimado para o serviço de estocagem da flora em uma área de campo rupestre, por exemplo, é de US\$ 25,26 milhões/ano ou US\$ 799,11/ha/ano (Rezende et al. 2013). Esses dados indicam a grande importância econômica e valoração que a biodiversidade brasileira como um todo possui, se considerarmos todos os biomas e ambientes naturais. Além disso, a biodiversidade fornece uma miríade de medicamentos, tanto para uso das populações locais, quanto para uso global. Alguns exemplos de substâncias extraídas da natureza e comercializadas por empresas farmacêuticas internacionais são a rutina (substância que fortalece os vasos sanguíneos) e a isoquersétina (usada no tratamento da diabetes e catarata), ambas extraídas da árvore fava-d’anta (*Dimorphandra mollis*). Outro exemplo bem comum é o alpha-bisabolol (com propriedades anti-inflamatória, antibacteriana, calmante e cicatrizante), retirado da árvore de candeia (*Eremanthus erythropappus*).

Outro serviço prestado pelas plantas é o valor estético e ornamental que muitas espécies possuem. Muitas espécies vegetais como orquídeas, e sempre-vivas, são coletadas em áreas nativas e são exportadas como plantas ornamentais para mais de 50 países. No passado, o volume das exportações de espécies do Cerrado chegou a 940 toneladas/ano e entre 1989 e 2013 geraram US\$2,74 milhões/ano (Neves et al. 2014). Esse comércio ocorre há pelo menos cem anos e possui importância social, pois remunera famílias de baixa renda nas zonas rural e urbana, além de constituir um rico patrimônio cultural praticamente desconhecido.

d) Biodiversidade e saúde

Alterações profundas na paisagem decorrentes principalmente das atividades humanas, como desmatamento, fragmentação de habitat, poluição e grandes empreendimentos da construção civil, alteram fortemente os processos naturais dos ecossistemas. A redução da biodiversidade provoca diversos efeitos em cascata nos ecossistemas; alterações nos padrões de abundância das espécies animais e a introdução de espécies exóticas podem impactar diretamente os ciclos naturais de patógenos causadores de doenças em humanos e nos animais (zoonoses), levando a dispersão espacial e temporal de vetores e reservatórios e, conseqüentemente, ao aumento das taxas de transmissão dos patógenos a eles associados. Este processo conhecido por emergência ou re-emergência de zoonoses é a condição inicial para a ocorrência de endemias e epidemias, considerada uma das maiores ameaças a saúde pública mundial.

Algumas espécies silvestres que se adaptam a áreas degradadas e próximas às habitações têm suas abundâncias aumentadas, como os gambás e roedores (Gentile et al., 2000), dentre outras, podendo se tornar elos de contato entre o ser humano, animais domésticos e o ambiente silvestre (Oliveira et al., 2014). Desta forma, as doenças infecciosas de origem zoonótica surgem a partir da transposição de um dado patógeno ou parasito de seu hospedeiro natural (animal silvestre ou doméstico) para os seres humanos, ou menos frequentemente registrado, de forma contrária. As interfaces de ambientes urbanos ou rurais e os ambientes silvestres podem colocar as pessoas em contato com parasitos, antes restritos aos animais, sendo consideradas áreas críticas (Daszak et al., 2000; Mills, 2006).

Essa forte relação entre a manutenção sustentável dos processos naturais e serviços ambientais, incluindo a biodiversidade, com o bem-estar humano e saúde pública não é considerada nas políticas públicas. Conse-



Flor de *Parodia ottonis*
Foto: Gerhard Overbeck

quentemente, a preservação dos ambientes naturais e das espécies tem tido pouca prioridade no planejamento do desenvolvimento econômico no Brasil. Além disso, o fato de que o estudo das espécies e suas relações podem proporcionar previsões de ameaças futuras ao ser humano decorrentes da degradação ambiental, não é compreendido fora do meio científico.

Pesquisas de biodiversidade como propostas pelo PPBio podem contribuir consideravelmente para a saúde humana e para o planejamento de desenvolvimento do país. A abordagem "Uma Saúde" representa uma visão holística, inclusiva e de longo prazo do conceito saúde e que, através de estudos transdisciplinares, permite relacionar as espécies biológicas, a saúde humana e animal e do ambiente, nas práticas clínicas, na saúde pública, na pesquisa científica e nas políticas públicas em saúde. Pode-se destacar como pontos mais importantes a serem desenvolvidos dentro desta abordagem: (1) o aumento do conhecimento da biodiversidade, particularmente das espécies envolvidas nos ciclos de transmissão das doenças; (2) o entendimento do funcionamento dos ecossistemas; (3) a obtenção de estimadores de abundância dos organismos; (4) os monitoramentos das populações de espécies chave com diagnóstico permanente dos parasitos; (5) o diagnóstico de doenças e tratamento nas pessoas; (6) os programas de capacitação de agentes locais para os monitoramentos; (7) maior integração entre médicos, veterinários, cientistas, educadores, poder público, empresas e as populações humanas; e (8) programas de educação visando uma mudança de cultura conscientizando a importância da conservação da biodiversidade no



O PPBio oferece atividades e palestras sobre a biodiversidade para as comunidades locais
Foto: Geraldo Fernandes

bem-estar das pessoas. A pesquisa em biodiversidade é um componente-chave, especialmente quando relacionada ao monitoramento da degradação ambiental e suas consequências.

e) Valor cultural da biodiversidade

A relação estreita das sociedades humanas com os sistemas naturais e a sua biodiversidade tem ficado evidente; dependemos destes sistemas em muitos aspectos da nossa vida. Eles contribuem de forma direta ou indireta, para a nossa alimentação e providenciam outros bens e serviços essenciais para as sociedades humanas. Essas relações podem ser quantificadas, inclusive em termos econômicos, como demonstrado por diversos serviços ecossistêmicos. No entanto, além dos serviços de cunho mais utilitários, a biodiversidade possui um valor cultural, mais difícil a ser quantificado. Esta relação da cultura com a diversidade fica mais clara quando passamos a considerar a paisagem como o ponto de contato entre os humanos e os ecossistemas.

Num país do tamanho do Brasil, obviamente a relação entre homem e natureza varia muito em função tanto do ambiente, quanto das populações humanas que o habitam. Populações tradicionais muitas vezes possuem, ou possuíram, maneiras de viver muito mais diretamente ligadas aos ecossistemas na sua volta, mas mesmo assim com menos impactos. Os povos indígenas provavelmente são os principais detentores de conhecimento sobre a biodiversidade. O Brasil é megadiverso, não somente em riquezas biológicas,

mas também em culturas e línguas indígenas. Povos da África também enriqueceram o meio cultural através das comunidades quilombolas. Cada uma destas culturas é intimamente relacionada ao mundo biológico, ambos através de práticas religiosas como as necessidades diárias de sobrevivência.

Na Mata Atlântica, a ocupação humana era constituída por caçadores e coletores entre 6.000 a 1.000 anos antes do presente. Quando os europeus chegaram ao Brasil, encontraram uma agricultura diversificada, praticada pelos índios. No entanto eles não praticavam nenhum tipo de pecuária e a caça era a principal fonte de proteínas. As roças, baseadas principalmente no regime de derrubada-plantio-pousio, deram origem a extensas áreas de florestas secundárias. Em sua maior parte, este tipo de uso permitiu a retomada da sucessão ecológica. No entanto, as marcas da presença humana na paisagem são de naturezas muito diversas, podendo assumir contornos tanto materiais como imateriais. Este é o caso das figueiras centenárias da Mata Atlântica. Na maioria das florestas secundárias do Sudeste do Brasil, é notável a presença de figueiras de grande porte do gênero *Ficus* (Família Moraceae), preservadas da derrubada por razões religiosas e culturais por populações tradicionais. Trata-se de uma convergência de culturas, tanto de um legado africano quanto de uma tradição judaico-cristã. O valor espiritual da natureza, inclusive no contexto da religião, também está na base da diversidade cultural do país. Somente muito recentemente, estes tópicos têm recebido atenção nas áreas de biodiversidade e conservação.

Por outro lado, ao longo da história, a ocupação humana foi moldando a paisagem e por ela sendo moldada. Decodificar a paisagem constitui também reconhecer o trabalho humano nela impresso. Estes usos, ordenados pelas intencionalidades, necessidades e adaptações das populações passadas que estabeleceram seus antigos territórios e uma vez refeitos pelas dinâmicas naturais, são parte substancial daquilo que hoje chamamos de "natureza".

A relação entre ambiente e sociedades humanas também fica evidente nas sociedades que se desenvolveram a partir dos imigrantes da Europa ou de outras regiões. No Pantanal e no Pampa, a ocupação se deu em função da disponibilidade de vastos campos de boa qualidade, e assim a pecuária se moldou como a principal atividade econômica. No Pampa, a figura do gaúcho representa tanto um estilo de vida quanto o ambiente onde desenvolveu estes costumes e do qual depende, e é representado em músicas, trabalhos de artesanato e na culinária. Até hoje, mesmo com os campos nativos desaparecendo em taxas rápidas, essa imagem serve de identidade cultural para

uma região inteira. Situações análogas ocorrem em muitas outras regiões, como por exemplo no Pantanal e em parte do Cerrado com econômicas baseadas na produção de carne, e também especialmente onde os hábitos culinários estão diretamente ligados ao uso da biodiversidade através do uso de variedades crioulas de plantas ou na pesca. Foram estabelecidas complexas relações entre cultura e ambiente, na qual foram inseridos também outros componentes da biodiversidade, como fauna e flora, a paisagem e, no caso do Pantanal, as inundações sazonais. Para as populações ribeirinhas do Pantanal, a relação com as cheias e o uso de recursos, em grande parte herdado de populações indígenas, gerou uma cultura peculiar em que conhecimento tradicional e o uso do espaço tem profunda relação com o ciclo das águas e os recursos disponíveis nas diferentes épocas do ano. A valoração destes recursos e sua importância para a cultura e economia locais é muito difícil de ser feita, mas não resta dúvida do quanto esta interdependência influencia a vida das populações pantaneiras.

Embora talvez fique difícil quantificar a contribuição da biodiversidade em si para a identidade cultural das diversas regiões do país, a sua importância fica evidente, e quantificável, em algumas áreas da economia. É a beleza cênica das paisagens brasileiras o principal fator de atração de muitas unidades de conservação do país, e com isso, o motor para atividades turísticas nestas regiões. Muitas vezes, o turismo ou outras atividades humanas têm sido considerados como ameaças para a biodiversidade. Obviamente, possíveis impactos precisam ser avaliados e evitados. No entanto, o reconhecimento da natureza como base para a economia de muitas zonas rurais tem sido pouco considerado na sociedade, inclusive na pesquisa científica. A rede PPBio traz a possibilidade de analisar essas relações no país como um todo, aumentando assim a nossa compreensão acerca da interação entre natureza, sociedade e cultura, bem como contribuir com soluções concretas para a área de conservação da biodiversidade.

A biodiversidade formou estas culturas e sem a biodiversidade elas desintegrarão, aterradas pela avalanche de tecnologia da informação do século 21. A capacidade de integrar conhecimento tradicional com usos modernos da biodiversidade provavelmente determinará quantas culturas tradicionais brasileiras sobreviverão no futuro. Por outro lado, o reconhecimento e o respeito à cultura do outro, do diferente, além de representar uma perspectiva de uma ética da partilha, constitui uma chave para um futuro mais humano e solidário.

f) Restauração ecológica

Frente às mudanças no uso da terra e à degradação ambiental em grandes áreas, a restauração ecológica tornou-se fundamental para a manutenção da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar humano. No âmbito da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), uma das metas de Aichi e das Metas Nacionais de Biodiversidade (meta 15) é recuperar, até o ano 2020, no mínimo 15% dos ecossistemas degradados de todo o mundo. No Brasil, o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG) prevê a restauração de no mínimo 12,5 milhões de hectares até o ano de 2035, incluindo a recuperação de áreas degradadas dentro de Unidades de Conservação, Áreas de Preservação Permanente, áreas de Reserva Legal e terras indígenas.

A restauração ecológica permite reconstituir a cobertura vegetal de áreas degradadas (incluindo o controle de espécies invasoras) e de áreas que conectam ecossistemas naturais, os chamados corredores ecológicos, contribuindo para a recuperação da biodiversidade nativa e para a melhoria das funções e dos processos ecológicos e, conseqüentemente, para a provisão de serviços ecossistêmicos. Entre os diversos serviços ecossistêmicos que possam ser promovidos pela restauração ecológica, tem recebido especial atenção a capacidade dos ecossistemas de armazenar carbono, retirando o dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e a capacidade de armazenar e regular o fluxo de água.

Enquanto a necessidade de ações de restauração e do seu planejamento tem sido amplamente reconhecidos, ainda há grandes lacunas sobre aspectos básicos da restauração, inclusive a questão de quais áreas deveriam ser prioritárias para a restauração ecológica. Um desafio é a complexidade dos ecossistemas naturais, principalmente em países megadiversos, como o Brasil, com uma grande diversidade de ecossistemas, cada um com a sua riqueza típica e com as suas características específicas, e com dinâmicas determinadas por uma ampla gama de processos e fatores ecológicos que resultam da heterogeneidade de clima, geologia, solo, biogeografia e uso humano. Assim, as estratégias e as técnicas de restauração ecológica terão de ser distintas nas diferentes regiões e ecossistemas do país. É aqui que a pesquisa em biodiversidade tem grande relevância; atividades de restauração ecológica necessitam de ecossistemas de referência, que definem a meta da restauração em cada caso. Para isso, a compreensão dos ecossistemas naturais, da sua composição, das interações dos seus componentes

e da sua dinâmica no tempo e espaço são fundamentais para o desenvolvimento de ações qualificadas de restauração (Kollmann et al. 2016).

Outro aspecto importante é o estabelecimento de áreas prioritárias para a restauração ecológica com base em abordagens multicritério, incluindo parâmetros ambientais, sociais e econômicos. Enquanto estas áreas podem ser definidas em consequência da própria degradação ambiental (por exemplo, regiões onde grande parte da cobertura vegetal nativa já foi convertida em outros usos da terra), ou ainda em função de níveis altos de poluição ou outros riscos ambientais, as características dos próprios ecossistemas naturais são importantes, tais como a especificidade do ecossistema, a sua composição de espécies (incluindo a presença de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção), e a sua vulnerabilidade frente às mudanças climáticas e de uso da terra.

Também, é necessário desenvolver critérios adequados para o monitoramento de ações de restauração ecológica em todas as regiões e ecossistemas do país. Tais critérios deverão incluir aspectos biológicos em diversos níveis tróficos bem como aspectos sociais (por ex., envolvimento da população rural) e econômicos (por ex., custos da restauração, retorno econômico de ações de restauração) e necessitam o desenvolvimento de um modelo contextual amplamente aplicável nas diversas situações de restauração ecológica no país. É necessário elencar uma lista de indicadores que possibilitem a avaliação eficiente de ações de restauração, bem como contribuam para a difusão do conhecimento sobre a recuperação dos ecossistemas nativos.

g) Políticas públicas

Um dos desafios maiores da ciência hoje em dia é de promover a interface entre os geradores de conhecimentos e os tomadores de decisão. A promoção da aplicação do conhecimento científico nos processos políticos é um dos objetivos explícitos do PPBio. O foco não está somente na área da conservação da biodiversidade, mas as seções anteriores demonstram claramente que a informação sobre a biodiversidade é importante para muitas áreas da política pública, especialmente para aqueles que, de forma direta ou indireta, informam sobre o uso dos recursos naturais. Esforços de pesquisadores individuais são importantes para passar informações científicas para a sociedade, porém maneiras mais organizadas são importantes para não sobrecarregar os tomadores de decisão com diferentes informações, algumas das quais podem ser contraditórias. A chance de influenciar as decisões é maior quando a informação é apresentada como um consenso entre

pesquisadores por um órgão colegiado respeitado, como o PPBio. A amplitude nacional do programa (Figura 3) e a colaboração de pesquisadores de diferentes áreas permitem, por exemplo, o desenvolvimento de relatórios de síntese que podem deixar a relevância da pesquisa mais explícita e podem também atender demandas específicas da política.

Deste a sua criação, o PPBio tem investido fortemente em atividades associadas à ciência cidadã, produção de material de divulgação, como livros e vídeos, e cursos de treinamento para servidores de órgãos públicos e privados que usam ou interpretam dados sobre a biodiversidade. Apesar de avanços consideráveis, o desenvolvimento deste tipo de material continua um tema urgente no Brasil, onde o nível de conhecimento acerca da biodiversidade continua baixo. A elaboração de materiais didáticos para diferentes grupos da sociedade, utilizando a ampla gama de mídia disponível, continua como área estratégica para o PPBio. Isso não é importante somente no que diz respeito à biodiversidade em si, mas também em relação as interações da biodiversidade com outras atividades.

Uma das áreas mais importante em que o PPBio opera é o desenvolvimento de protocolos de amostragem. Desenhados para serem cientificamente rigorosos, estes protocolos podem e devem ser usados em processos de licenciamento de obras públicas, e a avaliação e monitoramento de impactos ambientais. Informações sobre a intensidade e distribuição de impactos no espaço e no tempo são essenciais para determinar quais atividades de mitigação são mais apropriadas para proteger os recursos naturais que sustentam as atividades humanas. Um exemplo é o método RAPELD, desenvolvido pelo PPBio, e que está sendo utilizado não somente em várias redes do PPBio, mas também de diversas formas por órgãos como o IBAMA, ICMBIO e SFB. O monitoramento da biodiversidade não é somente uma atividade para apoiar os órgãos governamentais nacionais, é uma exigência de vários acordos internacionais, como a CDB, da qual o Brasil é signatário. O sistema RAPELD foi recomendado como o sistema default no Rainforest Standard, o primeiro padrão mundial para monitoramento da biodiversidade em projetos de créditos de carbono, lançado na Rio+20. O PPBio continua se dedicando a desenvolver novos protocolos de amostragem que permitirão a tomada de decisões sensatas baseadas em informações confiáveis sobre a biodiversidade brasileira, e no mesmo tempo, consideram as especificidades de cada bioma e ecossistema.



O Programa de Pesquisa em Biodiversidade é formado por redes em todas as principais regiões do Brasil. As redes do PPBio englobam mais de 650 pesquisadores de mais de 90 instituições nacionais de pesquisa e ensino superior (Figura 3), que contam com a colaboração de dezenas de parceiros nacionais entre organizações da sociedade civil e órgãos governamentais, além de colaborações com instituições de todo o mundo.



Figura 3 – Distribuição geográfica das instituições que compõem a Rede do PPBio. Cada número representa uma ou algumas instituições de pesquisa na região em que está inserido. A lista completa das instituições pode ser vista no anexo 1

Os ambientes de montanha são alvo de caminhadas por turistas que buscam no seu silêncio esporte e lazer. Serra do Cipó, MG.

Foto: Antônio Cruz



AS REDES DE PESQUISA EM TODAS AS REGIÕES DO BRASIL

A AMAZÔNIA

A Amazônia é o maior bioma brasileiro cobrindo cerca de 4,2 milhões de km², que representam quase metade do território nacional. Apesar de aparentemente homogênea, a Amazônia possui inúmeras fitofisionomias desde campos abertos (savanas amazônicas) até florestas densas com dossel fechado, e até a montanha mais alta do Brasil. A grandeza não se restringe às florestas, pois ela também abriga a maior rede hidrográfica do mundo, que descarrega no oceano Atlântico quase um terço de toda água doce disponível do planeta. É também na Amazônia que se originam os rios voadores, que transportam a água em forma de vapor para diversas regiões da América do Sul. No que concerne à biodiversidade, o bioma é ainda mais incrível, pois mais de um quarto de todas as espécies que habitam o planeta Terra se encontram nessa região.

Essa enorme diversidade se encontra fortemente ameaçada pela ação do homem, seja pela construção de hidrelétricas, mineração, exploração madeireira ou do agronegócio. É o bioma brasileiro que mais sofreu com a interferência humana nas duas últimas décadas. Esses danos em sua grande maioria são irreversíveis, pois se trata de um ecossistema frágil e extremamente complexo, que dificulta a restauração. Alguns dos serviços ecossistêmicos prestados pela floresta já são bem conhecidos, mas mesmo assim o desmatamento vem dizimando ano a ano milhares de km² de floresta o que prejudica as chuvas no restante do Brasil. Além disso, o desmatamento emite quantidades enormes de CO₂ na atmosfera, enquanto a floresta intacta sequestra carbono e pode auxiliar na mitigação do efeito estufa.

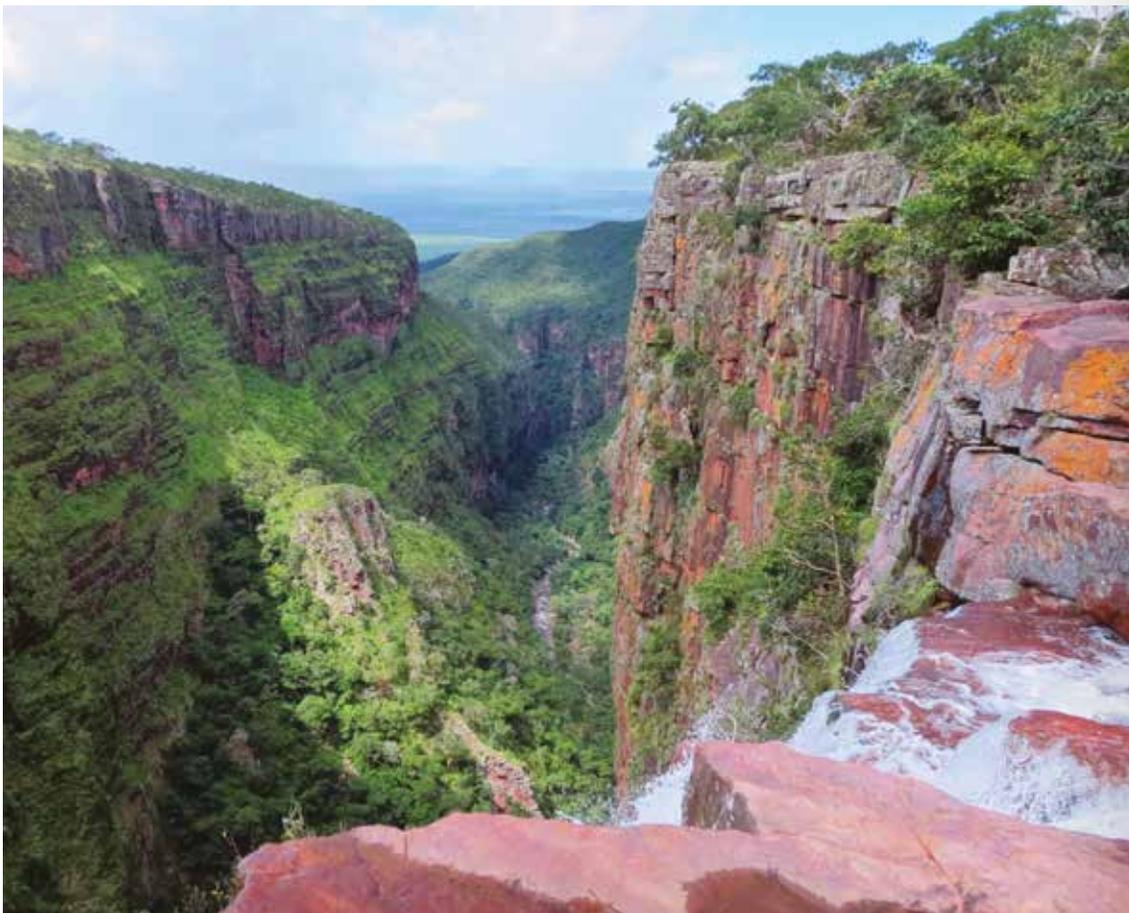
A atuação do PPBio na Amazônia sempre esteve focada no preenchimento das lacunas do conhecimento biológico, pois apesar de abrigar a

Arquipélago de Anavilhanas localizado no rio Negro, é formado por um conjunto com cerca de 400 ilhas e 60 lagos

Foto: José Sabino

mais rica biota do planeta ainda somos ignorantes sobre a maior parte da biodiversidade da região. Nos últimos anos, a rede também esteve voltada para a compreensão de como as alterações antrópicas agem sobre o meio ambiente. Apesar de ser uma das mais antigas redes do PPBio em atuação, e contar com a mais extensa rede de pesquisa (que envolve centenas de pesquisadores) e de sítios de coleta (mais de 100 sítios de coleta), muitos são os desafios enfrentados pelos pesquisadores. A rede é estruturada em torno de dois núcleos executores, um em Manaus e outro em Belém, que coordenam núcleos regionais em todos os estados da Amazônia Legal. A missão para os próximos anos é continuar a monitorar a biodiversidade, ampliando a atuação e fortalecendo os núcleos regionais para participar na tomada de decisões sobre o desenvolvimento sustentável da Amazônia Brasileira.

Cachoeira do Jatobá, Córrego Arvaíde, Parque Estadual Serra Ricardo Franco, Mato Grosso
Foto: Guarino Coli



CAATINGA

O domínio da Caatinga corresponde a uma área de cerca de 850.000 km² no nordeste do Brasil, definido pelo clima semiárido e pode ser delimitado por uma precipitação pluviométrica anual de até 800 mm. Essa região abriga tipos de vegetação heterogêneos, representativos de quatro grandes biomas, mas com grande predominância do bioma das Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS). A Caatinga inclui o maior núcleo de FTSS na região Neotropical. Com mais de 20 milhões de habitantes, a Caatinga é a região semiárida mais populosa do mundo e que apresenta os mais baixos indicadores sócio-econômicos do Brasil. Isso coloca uma grande pressão sobre os recursos naturais o que é agravado pela lenta regeneração da vegetação decorrente do clima semiárido e estações secas prolongadas.

A vegetação da Caatinga é extremamente variável em estrutura e reflete adaptação das plantas às condições locais de clima e solo. Seu isola-

Aspecto da vegetação da Caatinga no período de chuvas em Serra Talhada, PE
Foto: Geraldo Fernandes



mento de outros núcleos de FTSS do Neotrópico levou à formação de uma biota com elevados níveis de endemismos de plantas e animais. Estudos filogenéticos e biogeográficos indicam que a maior parte dessa diversidade resultou de especiação *in situ* em linhagens restritas à Caatinga. O PPBio no Semiárido tem atuado fortemente no preenchimento de uma imensa lacuna de conhecimento sobre a biodiversidade. Apenas nos últimos 15 anos, tivemos a consolidação de grupos de pesquisa em taxonomia e ecologia voltados para a diversidade do semiárido, o que mudou dramaticamente a visão, até então dominante, de uma região pobre em espécies e sem endemismos relevantes.

As perspectivas de continuação do PPBio no Semiárido incluem uma ampliação de suas linhas de ação para o entendimento de como a Caatinga funciona em diferentes condições de clima e solo, através do estabelecimento de uma rede de parcelas permanentes em diferentes fitofisionomias. Esse aprofundamento no conhecimento de processos ecológicos e evolutivos será de grande importância para o planejamento de estratégias de conservação da biodiversidade e uso sustentável dos recursos naturais da Caatinga. Pretende-se, assim, identificar áreas de grande interesse para conservação utilizando métricas objetivas (como, por exemplo, diversidade e endemismo filogenéticos) combinado com a presença de espécies raras, endêmicas e/ou ameaçadas de extinção. Além disso, esses resultados deverão orientar estratégias de restauração e uso sustentável, para as quais, plantas marcadas e com taxonomia validada em parcelas permanentes poderiam servir de fontes de propágulos mais efetivos do que os bancos de sementes *ex situ*.

Dunas do Rio São Francisco na Caatinga

Foto: Luciano Queiroz.



CERRADO

O Cerrado ocupa uma área de mais de 2 milhões km² e cobre amplos gradientes na região central do Brasil, com altitudes variando de 100 m a mais de 2000 m e em latitudes desde de 2° N até 25° S. Consequentemente, o Cerrado é um mosaico vegetacional complexo composto por formações florestais, savânicas e campestres. Os principais fatores que promovem esse mosaico de fitofisionomias são diferenças nos tipos de solo, microclimas, disponibilidade de água e na frequência de ocorrência de fogo. Em geral, quanto mais fértil e profundo é o solo, mais alta e densa é a vegetação. Por outro lado, o fogo age de forma a manter a vegetação sempre menos densa e com maior dominância do estrato herbáceo. O cerrado também é composto por diferentes grupos de comunidades de espécies vegetais ao longo de sua extensão geográfica, o que resulta na savana mais diversa do mundo, com mais de 13000 espécies de plantas (5% do planeta).

A exploração do ouro no final do século XVII foi a primeira atividade econômica que provocou a interiorização da população brasileira para a área central do Cerrado. A atividade agrícola no século XX intensificou a ocupação do Cerrado e mais recentemente, a tecnologia permitiu o avanço sobre as últimas e maiores áreas remanescentes de cerrado. A população humana que vive hoje no cerrado supera 26 milhões de habitantes, ligada por milhares de quilômetros de estradas asfaltadas. A agricultura de soja, milho, algodão, cana-de-açúcar e a pecuária são as principais atividades econômicas desenvolvidas na região do Cerrado. A pressão para expansão dessas atividades sobre áreas de Cerrado ainda não exploradas é cada vez maior. Praticamente toda área do Cerrado sofre de impactos antrópicos e essas atividades causaram a perda de mais de 1 milhão de km² de vegetação nativa.

Por ser uma área de grande relevância ecológica, abrigar um grande número de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção devido à perda de habitat, o Cerrado é internacionalmente considerado um hotspot de biodiversidade. O Cerrado também tem grande importância para o abastecimento hídrico no Brasil. Dez das 12 bacias hidrográficas brasileiras são influenciadas por nascentes localizadas no Cerrado. Extensas áreas, especialmente os chapadões do Brasil Central, contribuem para a recarga e a manutenção do volume, da vazão e da qualidade da água de aquíferos, como o Guarani. Sua vegetação nativa, principalmente os campos úmidos e as várzeas, regula o fluxo de água e mantém sua qualidade, reduzindo o custo do tratamento de água em cerca de 100 vezes.

O PPBio no Cerrado é formado por dezenas de pesquisadores em instituições no Nordeste, Sudeste e Norte do Brasil. Os principais objetivos são inventariar, monitorar e treinar recursos humanos sobre biodiversidade, compreender as tendências da distribuição de espécies ao longo de gradientes ecológicos, registrar e avaliar os serviços ambientais, desenvolver capacidade de restauração ecológica e apoiar a manutenção e melhoria das coleções científicas.

Área de Cerrado na região de Diamantina, MG
Foto: Geraldo Fernandes



MATA ATLÂNTICA

Estabelecida há 70 milhões de anos, a Mata Atlântica é a formação florestal mais antiga do Brasil. Originalmente, ela cobria cerca de 150 milhões de hectares, em um gradiente latitudinal de mais de 25 graus, ocorrendo em condições ambientais bastante heterogêneas. Entretanto, por acompanhar a linha da costa brasileira, a Mata Atlântica sofreu modificações antrópicas desde a época do descobrimento. Atualmente, cerca de 70% da população

Mata de restinga, uma das fitofisionomias do Mata Atlântica próxima à costa. Ilha Grande, RJ
Foto: Helena G. Bergallo



brasileira vive neste bioma e sua área está reduzida a cerca de 16% de sua cobertura original, distribuída em fragmentos dos quais 80% possuem menos de 50 ha. Do total de remanescentes, apenas 9% está localizado em áreas protegidas e menos de 1% dessas áreas protegidas representa a floresta original (Ribeiro et al., 2009).

A Mata Atlântica inclui 1-8% da flora e fauna do mundo e é o bioma com maior número de espécies ameaçadas no Brasil. De acordo com a "Lista de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção", 70% dos táxons de mamíferos ameaçados e 47% das aves, ocorrem na Mata Atlântica. Para a flora, o cenário é semelhante, 56% das espécies que ocorrem na Mata Atlântica são endêmicas e 10% das espécies estão ameaçadas. Devido à drástica redução de sua área original associada à sua alta diversidade de espécies e às elevadas taxas de endemismo, a Mata Atlântica é considerada um *hotspot* de biodiversidade do planeta.

Embora sua biodiversidade seja impressionante, ainda há muito o que se fazer. Calcula-se que apenas 0,01% das áreas protegidas tenham tido suas árvores catalogadas ao longo de dezenas de anos de estudos. A Mata Atlântica também tem importante papel no fornecimento de serviços ambientais para a população humana, como serviços de provisão hídrica e alimentar, e serviços de regulação, como os de enchentes e secas. Considerando que se distribui ao longo de 17 estados brasileiros, abrigando grande parte da população do país, os serviços oferecidos pela Mata Atlântica representam uma parcela importante das condições de vida no Brasil.

As redes de pesquisa na Mata Atlântica são formadas por mais de uma centena de pesquisadores em instituições no Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil, desenvolvendo pesquisas integradas com uso de protocolos padrão. As ações do PPBio na Mata Atlântica têm como principais objetivos inventariar, monitorar e capacitar recursos humanos para conhecer a biodiversidade, prever os possíveis impactos da perda de espécies para os sistemas biológicos e para os serviços ambientais, avaliar de que forma as espécies serão capazes de responder a eventos climáticos extremos, e o papel das florestas na regulação do clima. Ademais, a rede atua na manutenção e melhoria das coleções científicas e na divulgação dos resultados obtidos para que sejam acessíveis para a população e para os tomadores de decisão.

PANTANAL

O Pantanal é uma grande planície de inundação, dos quais 80% (140.000 km²) estão no Brasil e a área restante é compartilhada pela Bolívia e Paraguai. Cerca de 65% de sua área brasileira está localizada no Mato Grosso do Sul, e 35% no Mato Grosso. O Pantanal está inserido na bacia superior do rio Paraguai, e a maior parte é inundada sazonalmente por chuvas locais e transbordamento de rios. A variabilidade temporal e espacial de suas áreas inundadas gera uma extensa zona de transição aquático-terrestre que defi-

Área de Chaco no sul do Pantanal

Foto: Walfrido Tomas



nem as paisagens, os processos ecológicos e a biodiversidade no Pantanal. região é uma savana tropical inundável contendo uma paisagem em mosaico formada por florestas, savanas abertas, savanas arborizadas, campos não inundáveis, campos inundáveis, lagoas permanentes e sazonais, canais de drenagem, planícies pantanosas e até chaco. A pecuária extensiva foi estabelecida no Pantanal há mais de 200 anos em função das vastas áreas de pastagens nativas, tornando-se a atividade econômica mais importante da região. Atualmente, há uma tendência para a intensificação das práticas pecuárias, incluindo a substituição da vegetação nativa por pastos cultivados de gramíneas africanas. Essa interferência geralmente inclui o desmatamento, que simplifica a paisagem em mosaico e pode comprometer a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas.

A região é bem conhecida devido à sua rica biodiversidade e fauna abundante. A biodiversidade do Pantanal é influenciada por quatro grandes ecossistemas da América do Sul: a Floresta Amazônica, o Cerrado, a Mata Atlântica e o Chaco. A área abriga 152 espécies de mamíferos, 582 espécies de aves, 151 espécies de répteis, mais de 75 espécies de anfíbios, 269 espécies de peixes, bem como mais de 2000 espécies de plantas. É a área úmida mais rica em espécies de aves no planeta, e uma área importante de parada de aves migratórias. Populações relativamente grandes de várias espécies ameaçadas de extinção ainda ocorrem no Pantanal, como de onça-pintada (*Panthera onca*), ariranha (*Pteronura brasiliensis*), arara-azul grande (*Anodorhynchus hyacinthinus*), cervo-do-pantanal (*Blastocercus dichotomus*) e tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*).

As principais ameaças a este ecossistema único são a substituição da vegetação nativa por gramíneas cultivadas de origem africana, os projetos de geração de energia hidroelétrica que implicam no represamento dos principais rios que formam o Pantanal, os projetos de navegação que requerem a retificação dos meandros dos rios e a remoção de rochas e sedimentos do leito do rio, a introdução de espécies exóticas de origem animal e vegetal, a erosão e a poluição com insumos agrícolas nas áreas de planalto da bacia do Alto Paraguai. Estes impactos, somados aos cenários de mudanças climáticas, que preveem uma redução de até 30% da média das precipitações até 2100, podem alterar profundamente o funcionamento deste ecossistema único e sua biodiversidade.

CAMPOS SULINOS

Os Campos Sulinos incluem as regiões de campo de dois biomas brasileiros: o Pampa, situado na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul, e aqueles situados na parte sul da Mata Atlântica, no planalto sul-brasiliense, na parte norte do Rio Grande do Sul e nos Estados de Santa Catarina e Paraná. Na maior parte do Pampa, as florestas são escassas e geralmente restritas às margens de rios. No bioma da Mata Atlântica, os campos encontram-se em mosaicos na Floresta Subtropical de Araucária. Apesar de consideráveis diferenças em termos de clima e de diferenças florísticas, os campos em ambos os biomas compartilham semelhanças em termos ecológicos, que justificam considerá-los juntos no PPBio (Overbeck et al. 2007).

Campos de Altitude com araucárias. Parque Estadual Tainhas, Jaquirana, RS
Foto: Gerhard Overbeck



Os ecossistemas campestres no sul do Brasil parecem homogêneos à primeira vista, mas não o são. Diferenças na geologia e topografia, e associadas às mesmas, nos solos, e um gradiente climático ocasionam diferentes fisionomias campestres, cada uma com suas espécies típicas. Os Campos Sulinos surpreendem por sua alta diversidade biológica. Mais de 3000 espécies de plantas ocorrem nestes ambientes campestres, e é possível encontrar de 40 a 50 espécies de plantas por metro quadrado em algumas regiões. Por um bom tempo, esta diversidade foi negligenciada pelas políticas de conservação, e a região inteira sofreu e ainda sofre, com a mudança rápida e intensa do uso da terra. O que os campos têm em comum, é a aptidão para a pecuária. Durante muitos anos, a partir do século 17, a pecuária extensiva foi a atividade econômica mais importante na região. As pesquisas realizadas na rede PPBio mostraram que, enquanto a carga animal for adequada, o pastejo de bovinos de corte, ovelhas ou cavalos é compatível com a preservação da biodiversidade e de importantes serviços ecossistêmicos, como armazenamento de carbono no solo, recarga de aquíferos ou manutenção das populações de polinizadores.

Com a chegada da agricultura industrializada, a vegetação campestre começou a ser substituída por lavouras, principalmente de soja e de arroz, e por silvicultura com espécies exóticas. Resultados recentes de pesquisa demonstram claramente os efeitos de perda de biodiversidade com os níveis atuais de transformação, e é necessário estabelecer limites regionais para a transformação dos Campos Sulinos para conseguir uma melhor conservação na região. Outro tema de pesquisa importante abordado pelo PPBio é o desenvolvimento de técnicas de restauração para ecossistemas campestres.

Zona de transição entre a mata de araucária e o campo no Parque Estadual de Tainhas
Foto: Gerhard Overbeck



Os Campos no sul do país são a base para a pecuária, e possuem uma enorme relevância para a cultura gaúcha
Foto: Gerhard Overbeck



ESTRATÉGIA DE DISSEMINAÇÃO

O PPBio tem utilizado diversas estratégias para disseminar as informações e conhecimentos gerados pelas redes sobre a biodiversidade. A principal delas tem sido através de publicações científicas em revistas de alto impacto com revisão por pares. Contudo, para atingir um dos principais objetivos, que é levar o conhecimento para diferentes segmentos da sociedade, o PPBio tem empreendido esforços em publicar guias de identificação, cartilhas e livros de divulgação científica, bibliotecas virtuais sobre biodiversidade e websites, além de entrevistas e palestras. Ademais, o PPBio possui uma Política de Dados para promover a disponibilização dos dados gerados sobre a biodiversidade brasileira (https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/politica_dou.pdf).

FINANCIAMENTO

O PPBio é um programa estruturante com o objetivo de aumentar a competência e competitividade de todos os órgãos brasileiros que trabalham com a biodiversidade. Portanto, os recursos primários que advêm do MCTIC são usados para alavancar o investimento por outros setores.

Nos últimos anos, os principais órgãos financiadores do PPBio foram o Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/MCTIC), as Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAPEAM, FAPESPA, FAPESB, FAPEMAT, FUNDECT, FAPEMIG, FAPDF, FAPERJ, FAPESC, FAPERGS e Fundação Araucária) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Langsdorffia, planta parasita subterrânea pertencente à família Balanophoraceae
Foto: Walfrido Tomas



REFERÊNCIAS

- Agência FAPESP. Toledo K. 2014. Desmatamento eleva em 100 vezes o custo do tratamento da água. http://agencia.fapesp.br/desmatamento_eleva_em_100_vezes_o_custo_do_tratamento_da_agua/19036/.
- Berthrong, S. T., Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. 2009. A global meta analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation. *Ecological Applications* 19: 2228-2241.
- Daszak, P., Cunningham, A.A. & Hyatt, A.D. 2000. Emerging infectious diseases of wildlife - threats to biodiversity and human health. *Science* 287:443-449.
- Gentile, R., D'Andrea, P.S., Cerqueira, R. & Santoro Maroja, L. 2000. Population dynamics and reproduction of marsupials and rodents in a Brazilian rural area: a five-year study. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 35:1-9.
- Honda, E.A. & Durigan, G. 2016. Woody encroachment and its consequences on hydrological processes in the savanna. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 371:1-10.
- Kollmann, J., Meyer, S.T., Bateman, R., Conradi, T., Gossner, M.M., De Souza Mendonça, M., Fernandes, G.W., Hermann, J.M., Koch, C., Müller, S.C., Oki, Y., Overbeck, G.E., Paterno, G.B., Rosenfield, M.F., Toma, T.S.P. & Weisser, W.W. 2016. Integrating ecosystem functions into restoration ecology - recent advances and future directions. *Restoration Ecology* 24:722-730.
- Lewinsohn, T.M. & Prado, P.I. 2005. How many species are there in Brazil? *Conservation Biology* 19:619-624.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Mills, J.N. 2006. Biodiversity loss and emerging infectious disease: an example from the rodent-borne hemorrhagic fevers. *Biodiversity* 7:9-17.
- Neves, A.C.O., Negreiros, D., Fazito, D., Goulart, M.F., Echternacht, L., Silva, S.R. & Fernandes, G.W. 2014. Brazilian dried ornamental plants: provisioning

Phallus indusiatus, fungo mais facilmente encontrado no Sudeste e no Nordeste do Brasil.
Foto: Antonio Carlos de Freitas

ecosystem services and livelihoods. Anais do I Simpósio Internacional de Ecologia e Conservação - 25 a 27 de agosto de 2014, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Página 14.

Novais, S.M.A., Nunes, C.A., Santos, N.B., D'Amico, A.R., Fernandes, G.W., Quesada, M., 2016. Effects of a possible pollinator crisis on food crop production in Brazil. PLoS ONE 11(11): e0167292. doi:10.1371/journal.pone.0167292.

Oliveira, L. J., Costa, M. H., Soares-Filho, B. S., & Coe, M. T. (2013). Large-scale expansion of agriculture in Amazonia may be a no-win scenario. Environmental Research Letters 8: 024021.

Oliveira R.C., Gentile, R.; Guterres, A., Fernandes, J., Teixeira, B.R., Vaz, V., Valdez, F.P., Vicente, L.H.B., Costa-Neto, S.F., Bonvicino, C., D'Andrea, P.S. & Lemos, E.R.S. 2014. Ecological study of hantavirus infection in wild rodents in an endemic area in Brazil. Acta Tropica 131:1-10.

Overbeck, G.E., Vélez-Martin, E., Scarano, F.R., Lewinsohn, T.M., Fonseca, C.R., Meyer, S.T., Müller, S.C., Ceotto, P., Dadalt, L., Durigan, G., Ganade, G., Gossner, M.M., Guadagnin, D.L., Lorenzen, K., Jacobi, C.M., Weisser, W.W. & Pillar, V.D. 2015. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. Diversity and Distributions 21:1455-1460.

Overbeck, G.E., Müller, S.C., Fidelis, A.T., Pfadenhauer, J., Pillar, V.P., Blanco, C.C., Boldrini, I.I., Both, R. & Forneck, E.D. 2007. Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos. Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics 9:101-116.

Pereira-Vieira, P.S.F., Cruz, D.O., Gomes, M.F.M., Campos, L.A.O. & Lima, J.E. 2010. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica 15: 43-53.

Resende, F.M., Fernandes, G.W. & Coelho, M.S. 2013. Economic valuation of plant diversity storage service provided by Brazilian rupestrian grassland ecosystems. Brazilian Journal of Biology 73: 709-716.

Resende, F.M., Fernandes, G.W. & Andrade, D.C. 2014. A Perigosa deterioração dos serviços de ecossistemas. Scientific American Brasil 140: 70-75.

Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J., & Hirota, M. M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. Biological conservation 14: 1141-1153.

Santos, S.A., Lima, H. P., Massruha, S.M.F.S., Abreu, U.G.P., Tomas, W.M., Salis, S. M., Cardoso, E. L., Oliveira, M.D., Soares, M.T.S., Santos Jr., A., Oliveira, L.O.F., Calheiros, D. F., Crispim, S.M.A., Soriano, B.M.A., Amancio, C.O.G., Nunes, A. P. & Pellegrin, L.A. 2017. A fuzzy logic-based tool to assess beef cattle ranching sustainability in complex environmental systems. Journal of Environmental Management 198:95-106.

Anexo 1

Instituições de ensino e pesquisa associados ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). O número associado a cada instituição refere-se a localização desta no Brasil de acordo com a Figura 3.

Instituições de Ensino e Pesquisa

- 1 Universidade Federal de Roraima - UFRR
- 2 Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA
- 2 Universidade Federal do Amapá - UFAP
- 3 Universidade Federal do Pará - UFPA, Campus Soure
- 4 Universidade Federal do Pará - UFPA, Campus Bragança
- 5 Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG
- 5 Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
- 5 Universidade Federal do Pará - UFPA, Campus Belém
- 6 Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA
- 7 Universidade Federal do Maranhão - UFMA
- 8 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
- 8 Universidade Federal da Amazônia - UFAM, Campus Manaus

9 Universidade Federal do Pará - UFPA, Campus Altamira
10 Universidade Estadual Vale do Acaraú - UEVA
11 Universidade Federal do Ceará - UFC
12 Universidade Federal da Amazônia
UFAM, Campus Benjamin Constant
13 Universidade Federal do Piauí - UFPI
13 Universidade Estadual do Piauí - UESPI
14 Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA
15 Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
16 Universidade Federal da Paraíba - UFPB
17 Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
18 Universidade Estadual do Maranhão - UEMA
19 Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
19 Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
19 Jardim Botânico do Recife
20 União das Escolas Superiores de Rondônia - UNIRON
20 Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ Rondônia
20 Faculdades Integradas de Rondônia - FARO
20 Universidade Federal de Rondônia - UNIR
21 Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF
22 Universidade do Estado do Mato Grosso
UNEMAT, Campus Alta Floresta
23 Universidade Federal do Acre - UFAC, Campus Rio Branco
24 Universidade Federal do Tocantins - UFT, Campus de Palmas
24 Universidade Federal do Tocantins - UFT, Campus Porto Nacional
25 Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT, Campus Sinop
26 Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOBA

27 Instituto Federal da Bahia - IFBA
27 Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS
28 Instituto Federal de Rondônia - IFRO, Campus Colorodo do Oeste
29 Universidade Federal da Bahia - UFBA
30 Universidade do Estado do Mato Grosso
UNEMAT, Campus Nova Xavantina
31 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UESB, Campus Itapetinga
33 Universidade de Brasília - UnB, Campus Planaltina
32 Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT, Campus Cuiabá
33 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA, Unidade Recursos Genéticos e Biotecnologia
33 Universidade Católica de Brasília - UCB
34 Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT, Campus Araguaia
35 Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC
35 Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC
36 Universidade Federal de Goiás - UFG
37 Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
UFVJM
37 Instituto Biotrópicos
38 Universidade Federal de Uberlândia - UFU
39 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA, Unidade Pantanal
41 Instituto Federal do Espírito Santo - IFES
40 Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
41 Universidade de Vila Velha - UVV
42 Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS

43 Universidade Federal de Viçosa - UFV
44 Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
45 Universidade Estadual Paulista
UNESP, Campus São José do Rio Preto
46 Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF
47 Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
47 Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus Rio Claro
48 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA, Unidade Agrobiologia
48 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ
48 Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UERJ, Faculdade de Formação de Professores - FFP
48 Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
48 Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ Rio de Janeiro
48 Universidade Federal Fluminense - UFF
48 Museu Nacional do Rio de Janeiro - MNRJ
48 Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ
48 Instituto Nacional do Câncer - INCA
48 Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO
48 Instituto Internacional para Sustentabilidade - IIS
48 Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro - JBRJ
48 Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio
49 Universidade Estadual de Londrina - UEL
50 Universidade de São Paulo - USP, Campus Butantã
50 Instituto Butantan
50 Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo - MZUSP
50 Universidade Federal de São Paulo

UNIFESP, Campus Baixada Santista
51 Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG
52 Universidade Federal do Paraná - UFPR
53 Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE
53 Universidade Regional de Blumenau - FURB
54 Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa
Catarina - EPAGRI, Florianópolis
54 Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
55 Universidade do Estado de Santa Catarina
UDESC, Campus Laguna
56 Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
57 Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
57 Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS
58 Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA
59 Universidade Federal de Pelotas - UFPel
60 Universidade de Brasília - UnB

ENGLISH VERSION



SCIENTIFIC AGENDA

1) Brazil, a megadiverse country

Brazil is the country that holds the greatest diversity of plant and animal species in the world. This biodiversity occurs in a variety of ecosystems in a country that extends over almost half of South America. Rainforests cover the Amazon basin in the northern half of the country, part of the World's largest tropical rain forest. The Atlantic Forest runs along much of Brazil's eastern coastline, from close to the equator to subtropical regions. The center of the country holds the fire-prone Cerrado, the largest savanna region of the continent. The Caatinga, dominated by Seasonally Dry Tropical Forests and open semi-arid woodlands, occupies the northeast of the country. In the south, the grasslands of the Pampa form the northern part of an extended region of temperate grassland that continues in neighboring Uruguay and Argentina. In the southwest, the Pantanal constitutes a unique complex of wetland ecosystems that continue into northern Paraguay and Argentina and in southern Bolivia. Montane ecosystems in eastern, central and northern Brazil occupy a relatively small area but hold unique habitats and rich flora, often including transitions among the different biomes. The coastline of almost 7500 km supports a diversity of ecosystems at the interface between land and ocean. Estimates are that about 13% of the world's biota are found in Brazil (Lewinsohn & Prado 2005).

Aerial view of Pantanal / Photo: Walfrido Tomas



Ipê-rosa (*Handroanthus heptaphyllus*)

Photo: Walfrido Tomas

Nature provides innumerable benefits for human society: it provides clean air and fresh water, produces food, fodder and fibers and is space for leisure and relaxation as well as for spiritual inspiration. Biodiversity itself contributes substantially to these services, but many of these relations are poorly known and hard to measure, and nature or high biodiversity are often considered to be an obstacle to economic development. This has led, around the world, to the current situation of rapid land-use change, where natural ecosystems are being transformed into other land uses before they have been studied and their potential evaluated. Brazil is no exception to this. Protected areas and environmental legislation aim at guaranteeing that a significant portion of natural ecosystems remain. However, in countries with a dynamic economy and diversity of socioeconomic situations, such as Brazil, implementation of these policies is an enormous challenge, as evidenced by high rates of land-use change throughout the country. The principal problem for a more consistent consideration of biodiversity in all aspects of society is exactly the lack of knowledge about it: the fundamental benefits of nature and of biodiversity to all sectors of society too often are not known, which means that its importance is not recognized by the people who depend on it.

Brazil's Biodiversity Research Program (PPBio) is a strategic program at the national level to increase knowledge of Brazil's immense biodiversity. The establishment of PPBio in 2005 was a response to Brazil's commitments to the Convention of Biological Diversity. The program



Arboreal frog *Dendropsophus miyatai*, from the Amazon forest.

Photo: Miqueias Ferrão

Cnemidophorus gr. lemniscatus occurs in sandy areas in the Amazon, such as river margins and savanna enclaves

Photo: Antonio C Freitas

covers the entire country and thus is designed to fill knowledge gaps, especially in regions with difficult access and thus historic deficits in terms of biodiversity knowledge. While getting robust scientific data on this biodiversity is an important aim of the program, considering not only the taxonomic diversity, but also population genetics and evolutionary aspects, it also aims at an increased understanding of distribution patterns of plant and animals and of the ecological processes behind these patterns. This enables the definition of areas that are of high priority for conservation, and helps to disentangle the factors that maintain biodiversity and ecosystem service. Today, there is consensus that human society itself is an important aspect of ecosystems, and PPBio develops mechanisms for the sustainable use of biodiversity, contributing to water, food and health securities and to the maintenance of the country's rich cultural diversity which is strongly linked to the natural environment. PPBio is also important to evaluate the impacts of global-change processes on biodiversity and thus on the sustainability of our societies. Figure 1 shows the main elements of the program: from field-based sampling of biodiversity to application in different sectors.

Small mouse that inhabits the rupestrian grasslands, *Thrichomys sp.*

Foto: Geraldo Fernandes

The slender mouse opossum *Marmosops incanus*, an endemic species of Atlantic Forest.

Photo: Walfrido Tomas

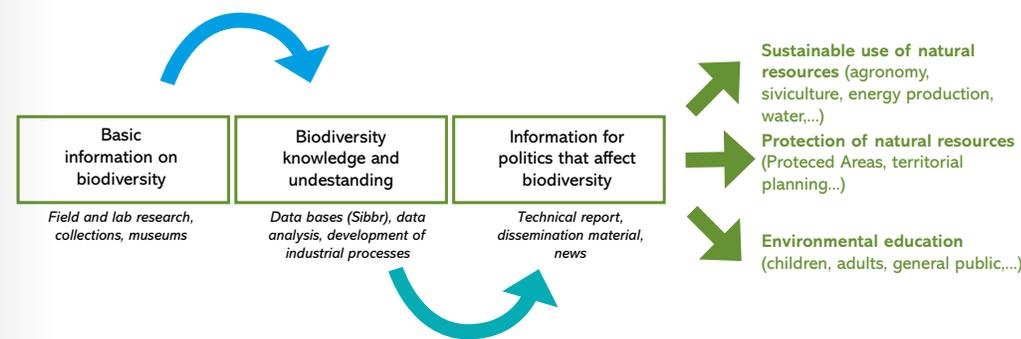


Figure 1: The Biodiversity Research Program (PPBio) knowledge chain: Production and dissemination of biodiversity knowledge

2) Brazil's Biodiversity Research Program: a short overview

In 1992, Brazil hosted the United Nations Conference on Environment and Development, ECO-92. One of the main documents generated in ECO-92 was the Convention on Biological Diversity (CBD). Its text established three obligations to be fulfilled by the signatory countries: 1) conservation of biological diversity, 2) sustainable use of its components, and 3) fair and equitable sharing of the benefits derived from the use of genetic resources.

After 10 years, Brazil implemented the National Biodiversity Policy in line with CBD. However, it was clear that there was a lack of research and action to convert isolated initiatives into knowledge-production chains, i.e. into programs that generate and distribute knowledge widely to different sectors of society, including decision makers, and that also establish mechanisms of open data sharing. In this context, after several meetings involving researchers and stakeholders in Brazilian biodiversity, the then Ministry of Science and Technology created, in 2004, the Biodiversity Research Program (PPBio).

Initially, activities within the PPBio were started only in two biomes, Amazon and Caatinga. But the positive experiences of PPBio were used as an example for the creation of the Pantanal and Cerrado research networks. In 2012, PPBio was expanded to include all biomes (Figure 2).

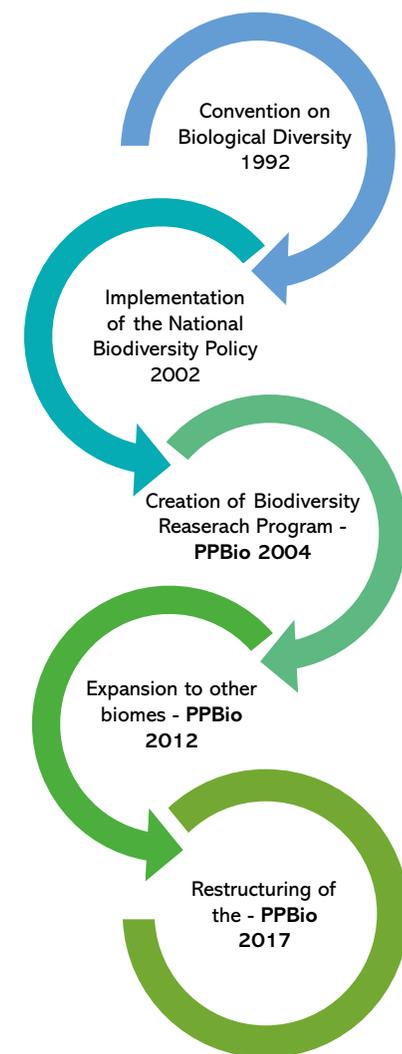


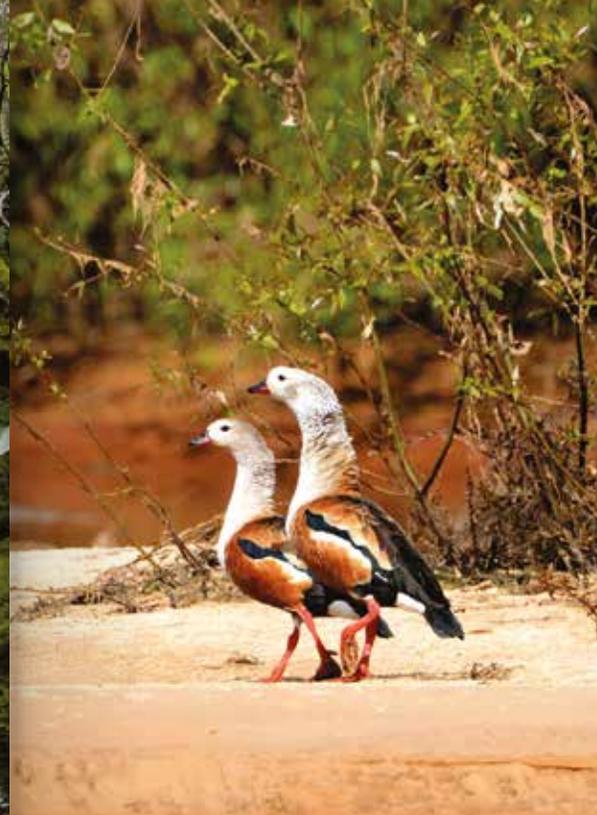
Figure 2 - Sequence of events that influenced the formation of the Biodiversity Research Program and its current restructuring.



Real hawk, *Harpia harpyja*, inhabits the Amazon rainforest and other forest formations.
Photo: William Magnuson



Atlantic Forest, east side of Serra do Espinhaço, Minas Gerais
Photo: Antonio Cruz



Orinoco goose *Neochen jubata* in Araguaia River.
Photo: Fernando Carvalho



Melocactus violaceus an endemic species of Brazil and threatened with extinction.
Photo Helena G. Bergallo

In early 2017, the Ministry of Science, Technology, Innovation and Communication promoted discussions to reorient the mission, scope, and structure of the program so that PPBio would take a leading position in the provision of scientific information for conservation of biodiversity and ecosystems in Brazil. One of the major challenges of this new stage is to promote the approximation and dialogue between scientists and government actors, so that the knowledge generated can be widely used in the formulation of public policies.

3) Brazil's Biodiversity Research Program: objectives and goals

The objective of the Program for Biodiversity Research (PPBio) is to integrate biodiversity research in efficient scientific/technological production chains (see Fig. 1). PPBio works through the articulation of research groups, training people in remote areas at diverse levels, from field assistants and parataxonomists to school children, laboratory technicians and graduate students, as well as improving infrastructure, such as museums, herbariums and live collections, the installation and recovery of equipment and laboratories, and the scientific interchange necessary to make use of available resources efficiently. Planning and execution is carried out in collaboration with various users of the information and material, such

as biotechnology laboratories, reserve and environmental managers, timber production areas and the organizations responsible for the assessment of environmental impacts and monitoring of areas influenced by large public infrastructure projects.

PPBio consists of an innovative and coordinated network of institutions involved in biodiversity research that use the resources available to deepen knowledge of biodiversity and the factors that affect biodiversity, integrate different parts of the knowledge-production chain to obtain products useful to society, and acts as a catalyst to attract new sources of funding for biodiversity research.

The principle objective of the PPBio is to answer the pressing questions about Brazilian biodiversity and subsidize the implementation of public policies directed towards the conservation and sustainable use of natural resources. It also has the responsibility to propose activities and solutions, based on scientific knowledge, that optimize national, state and municipal strategies for developmental planning so as to subsidize, adjust and evaluate public policies that promote the conservation and sustainable use of biodiversity and ecosystem services. The program is intimately linked to the strategic objectives that orient the Aichi and National goals for biodiversity.



Waterfall in Serra do Caverá in Campos Sulinos
 Photo: Gerhard Overbeck



The forest fox (*Cerdocyon thous*) is a medium-sized canid is found in all Brazilian biomes.
 Photo: Ludmila Hufnagel

Thus, the Program aims to generate and make available scientific knowledge to:

A. Ensure the conservation of biodiversity and the integrity and functionality of habitats and ecosystems. Within this objective, it is necessary to deepen scientific research directed to meet the following goals:

- Assess conservation status, trends and functional relationships of biological systems;
- Increase the understanding of drivers and mechanisms of change and pressure on biodiversity and ecosystems, including evolutionary processes;
- Increase the understanding of the mechanisms that control the integrity and functioning of ecosystems and develop guidance for the management, conservation and restoration of biodiversity and ecosystem services.

B. Ensure the maintenance and provision of ecosystem services. Within this objective, it is necessary to deepen the scientific research directed to meet the following goals:

- Define, measure and value ecosystem services and their use by society;
- Understand the relationships between the functioning of complex systems and our ability to benefit from their properties and services without degrading the system;
- Identify ecosystem services that have been degraded and develop methods for their restoration;
- Improve sustainable management and use of ecosystems and biodiversity.

C. Promote actions to adapt and mitigate the pressure of human activities on biodiversity and ecosystems. Within this objective, it is necessary to deepen the scientific research directed to meet the following goals:

- Understand the effects of climate change, changes in land use, pollution, overexploitation, and invasion of non-native species, and develop strategies for mitigation of these effects;
- Understand the resilience of ecosystems and the interaction between the effects of anthropogenic pressures to avoid undesirable changes that are not reversible



Degradation of habitats has led to the loss of ecosystem services such as pollination.

Photo: Suiane Oleques

Mountain in the Caverá ridge in the Southern Grassland region.

Photo: Gerhard Overbeck

Açaí (*Euterpe oleracea*) is pollinated by many bees and is very important in the Brazilian economy

Photo: José Sabino

Butterflies and moths are excellent pollinators of both native and agricultural species

Photo: José Sabino

4) PPBio action lines

The objectives proposed by the PPBio are achieved through the following actions:

A. Maintain and develop a network of biodiversity study centers that can implement functioning chains of knowledge production;

B. Create and maintain capacity for the maintenance of biological collections in all Brazilian regions;

C. Stimulate the formation of systematists who will reveal the relationships among species, an important requirement for taxonomy, ecology, behavior, genetics, medicine, agronomy and conservation, among others;

D. Modernize biological collections, strengthen infrastructure, create means to manage biological collections, encourage information to be made accessible and integrated into the network;

E. Develop standardized and integrated biological survey methods for use in environmental studies, monitoring of conservation units, forest certification and Long-Term Ecological Research (LTER), which provide data and materials for taxonomy and systematics, genetic studies, ecological studies, bioprospecting, conservation and restoration actions, land-use planning and evaluation of environmental impacts, such as those caused by major infrastructure projects and climate change;

F. Integrate human resource capacity-building programs at all levels of training, from community groups to graduate programs, using existing human resources and training local teachers to provide regular courses in their regions;

G. Remove bottlenecks in infrastructure that prevent the implementation of effective chains of knowledge production on biodiversity in Brazilian institutions;

H. Promote strategic actions to integrate studies on biodiversity in Latin American countries and initiatives from other continents;

Course of biodiversity monitoring and infrastructure installation in Villa Mercedes, Argentina. Curso de monitoramento da biodiversidade e instalação de infraestrutura em Villa Mercedes, Argentina. Photo/Foto: Helena G. Bergallo.

I. Provide PPBio network data in the Brazilian Biodiversity Information System (SiBBR) and other information-technology networks and develop information user interfaces that guarantee that data are useful to the general public, decision makers and other stakeholders and may be used to fulfill Brazil's obligations in international treaties;

J. Promote the dissemination of information on Brazilian biodiversity to the general population to improve knowledge about biodiversity, its importance for human society and the necessity of its conservation in all segments of Brazilian society.



Course of biodiversity monitoring and infrastructure installation in Villa Mercedes, Argentina.
Photo: Helena G. Bergallo

Seasonal Semideciduous Forest during the dry season in the Pantanal.
Photo: Helena G. Bergallo.

Chapada de Diamantina, Bahia. In the foreground, the legume, *Calliandra* sp.
Photo: Adrian Garda

5) Biodiversity and society

a) Conservation of biodiversity

The necessity to preserve our biodiversity heritage has been recognized globally, even though we are still far from the incorporation of this understanding in the many areas of policy that affect biodiversity, especially those that affect land use. Biodiversity has many aspects, ranging from genetic diversity to diversity of species and ecosystems. Correspondingly, biodiversity conservation needs to act on different levels, and needs to consider social and economic aspects.

One of the principal strategies of biodiversity conservation is the establishment of protected areas. Except for Amazonia, the proportion of protected areas in the Brazilian biomes is below international recommendations and below requirements to meet international conservation targets. For establishment of new protected areas, information on the distribution of species and ecosystems is crucial, especially concerning endemic and endangered species. Most existing maps of priority areas for conservation are not based on sound distribution data and are especially deficit in remote areas where biodiversity is largely unknown. Both increased efforts for biodiversity surveys and collection as well as the expansion of quantitative sampling thus are of high importance for increasing the efficiency of conservation through protected areas. However, today, identification of priority areas for conservation relies not only on confirmed presences of target species, but also on modelling of distribution ranges based on environmental information and presence/absence data on species. This makes it mandatory to record relevant environmental variables together with species, and is especially important for the development of conservation strategies in the light of global-change processes, such as climate change.

Biodiversity information is also crucial for the establishment of clear criteria for the selection of adequate sites for the establishment of Legal Reserve areas on private property as well as for the granting of authorization of land-use change. Both mechanisms contribute to the protection of biodiversity through habitat conservation outside strict conservation units.

The genetic variation within species is the material for adaptation at the species level. Knowledge of it is important in the context threats, such as climate change, where species will need to adapt to changed environmental conditions. Conservation of plant and animal species thus needs to consider not only the maintenance of the species per se, but that of distinct populations over the entire area of occurrence. In Brazil, studies of genetic variation within species or populations still are scarce; this clearly is an area of research where further studies are urgently needed and where the PPBio network of sampling and monitoring sites is of high relevance.

Fire is one of the main agents of environmental changes that affect the ecology and evolution of terrestrial ecosystems. It is a fundamental feature of flammable ecosystems, such as grasslands and savannas. The disordered occupation of natural environments by man, combined with recent climatic changes, has promoted an unprecedented increase in the intensity and



Plants can have aesthetic and ornamental value generating income for poorer families.

Photo: Helena G. Bergallo

The *Myscelia orsis* butterfly, popularly known as Royal Amethyst, is found in primary and secondary forests.

Photo: José Sabino

The Cerrado has an important role in the provision of water to several basins that supply the Northeast and Southeast of Brazil.

Photo: Geraldo Fernandes

Charismatic species in their natural habitats can increase tourism.

Photo: Walfrido Tomas

frequency of forest fires. This change in natural fire regimes can profoundly affect populations and communities, compromising their long-term permanence as well as the ecosystem services they provide. Still, forest fires can cause great damage to the economy and public health. Therefore, understanding the origins and consequences of forest fires is fundamental to solid and sustainable management of environmental practices. Several projects conducted by research groups participating in PPBio have investigated the effects of fire on animal and plant populations and communities in Brazilian biomes. These studies contribute to the development and implementation of Integrated Fire Management practices in protected areas and also to reduce the incidence of catastrophic fires.

A focus on the description, quantification and analysis of biodiversity in well-conserved regions continues to be of high importance to increase knowledge of Brazilian biodiversity and to identify regions that should be priority for conservation. However, successful conservation needs to include economic and social aspects and be integrated with other land-use policies. In the following, we present some key areas of interaction between biodiversity and society where PPBio and the data collected by the program have an immense potential to make impacts, both in terms of scientific understanding and in conservation applications.

b) Biodiversity and agricultural production

Brazil is one of the major food producers worldwide, and at same time one of the most questioned countries regarding biodiversity conservation related to the development of the agribusiness sector. Apart from growing global demands for agricultural products in the future in general, there is a clear trend in the international market towards increased consideration of environmental issues, including climate-change goals, as market regulators. To maintain its position in global markets, Brazil needs to anticipate these questions and to adopt innovative approaches, thus avoiding a weakening of its reputation as a responsible producer and subsequent loss of economic opportunities.

Brazil has the potential to advance from being a mere producer of commodities to become a major environmental player, but this development requires a cultural transition of traditional agribusiness approaches towards a new paradigm that incorporates an effective environmental agenda. There is currently a large gap between conservation policies and policies aiming at strengthening agronomic development, often due to contrasting ideological positions by uninformed politicians. This is evidenced by politics reducing environmental protection, including reduction of protected areas, that completely ignores the fact that the agricultural practices depend on natural resources. If these practices continue, agricultural production itself is at risk on the long term. For example, it has been shown that increased deforestation to gain land for agricultural production in Amazonia will lead to reduced precipitation in the existing major agricultural regions, making the increase of areas for production a 'no-win scenario' (Oliveira et al. 2013).

Given the current gap between agricultural and conservation policies, it is not surprising that we see immense conservation challenges in Brazil in the major agricultural and cattle raising regions. The Cerrado, the Campos Sulinos and the Pantanal are areas with high rates of con-



Engagement of people of the Baniwa and Tucano indigenous groups living near the Parque Nacional do Pico de Neblina in fauna and flora monitoring.
Photo: Jailson Araujo



Hairy Dwarf Porcupine *Coendou insidiosus*, eating fruit from a palm tree in an urban area.
Photo: Helena G. Bergallo

version into agricultural areas, as protection levels are low (Overbeck et al. 2015), and current policy is inefficient to stop this trend, despite huge threats to biodiversity. To close this gap, knowledge of the role of biodiversity in providing environmental services and responses to land-cover change is needed. Examples include the role of natural ecosystems in providing water for human populations in the Cerrado (Honda & Durigan 2016) and in contributing to carbon storage in the soil (Berthrong et al. 2009). In Brazil, few studies have quantified services of natural ecosystems, and where data are available it is still not used in public policies, such as payment for ecosystem services (see more detail on Ecosystem Services in the next paragraph). Examples for this exist throughout the world, and a tool for sustainability assessment has been recently elaborated for the cattle ranching in the Pantanal wetland (Santos et al., 2017), which is suitable for certification schedules.

Valuation of natural services should be the basis for public policies as well as certification mechanisms capable of bringing the export-oriented agribusiness to an adequate harmonization with conservation. Altogether, a cultural change in the way conservation and economy interact is needed; a conversion to a common agenda of biodiversity and ecosystem services conservation that creates a long-term basis for sustainable agricultural production. PPBio has a pivotal role in the achievement of this convergence, both due to the expertise of the research groups and the amplitude of the program in terms of regions and ecosystems. However, the program needs to advance; it is necessary to conduct a broad diagnostic and monitoring of the role of biodiversity in agricultural and forestry landscapes, aiming to define strategies and quantifiable indicators for adaptive landscape management in rural land, to improve ecosystem services beyond the requirements of the Brazil law.

c) Environmental services and biodiversity benefits for Brazil

The use of ecosystem services can affect biodiversity directly and indirectly. According to the



Hummingbirds such as *Leucochloris albicollis* provide an important pollination service.

Photo: Antônio Carlos Freitas

Corallus batesii, known as periquitamba, is a snake typical of tropical forests and responsible for the control of rodent populations.

Photo: José Sabino

Millennium Ecosystem Assessment (2005), this results in changes in both biodiversity and ecosystem services on more than one scale and with different interactions, affecting human well-being. In the previous section, the relevance of ecosystem services for agricultural production was shown, but environmental services have many more dimensions. For example, demand for timber may lead to a regional loss of forest cover, which increases the magnitude of flooding along the river. Brazilian ecosystems and biomes contribute in various ways to human well-being through the provision of ecosystem services at local, regional and global scales (see Resende et al., 2014). The types of services, quantity and quality of services differ between Brazilian ecosystems. In Brazil, the Cerrado is responsible for maintaining the water dynamics of several Brazilian basins, such as the Tocantins, Parnaíba, São Francisco, Paraná and Paraguay, and for aquifers such as Guarani. The ecosystems of the Cerrado, in particular wet grasslands and floodplains, regulate the flow of water and maintain its quality. Moreover, the presence of riparian forests in all Brazilian ecosystems functions as a buffering agent that reduces the cost of water treatment by about a hundred times compared to deforested areas, where it is necessary to use several reagents to treat water not to mention spending on infrastructure and personnel (Agência FAPESP 2014).

Another important ecosystem service and function is pollination by insects, birds and bats; which contributes to ecosystems that can support agricultural systems. Brazil is the fourth largest producer and third largest exporter of food in the world and this is due in large part to the services of pollination provided by various animals. To estimate the economic importance of pollination, a study estimated that the substitution of the natural pollination of yellow passion fruit (*Passiflora edulis*), mammoth bees, by manual pollination would incur a cost of approximately US \$ 1900 / ha / year (Pereira Vieira et al., 2010). Furthermore, considering that dozens of pollinator-dependent food species are cultivated in millions of hectares, the value of the service provided by these organisms for free is in the range of billions of dollars. For example, a recent study estimated that the effect of the loss of services provided by pollinators on the main productive species of Brazilian agriculture would reduce production of 16.55-51 million tons, which would result in losses in the order of 4.86 to 14,56 billion dollars / year, and consequent reduction of the contribution of agriculture in the GDP from 6.46% to 19.36% (Novais et al., 2016).

As with artificial pollination, maintenance of biodiversity in nurseries or greenhouses would incur enormous costs due to infrastructure, labor, maintenance of specimens, soil and water, among others. The monetary value estimated for the storage service of the flora in a rupestrian grassland area, for example, is US \$ 25.26 million / year or US \$ 799.11 / ha / year (Rezende et al., 2013). These data indicate the great economic importance and valuation that the Brazilian biodiversity possesses, considering all biomes and natural environments. In addition, biodiversity provides a myriad of medicines, both for use by local populations and for global use. Some examples of substances extracted from nature and marketed by international pharmaceutical companies are rutin (substance that strengthens blood vessels) and isoquersetin (used in the treatment of diabetes and cataracts), both extracted from the fava-d'anta tree (*Dimorphandra mollis*). Another very common example is alpha-bisabolol (with anti-inflam-



Pithecopus nordestinus is a species of tree frog endemic to northeastern Brazil and on its back a substance with potential against leishmaniasis was found.
 Photo: Adrian Garda

Flower of *Parodia ottonis*.
 Photo: Gerhard Overbeck

PPBio offers activities and lectures on biodiversity for local communities
 Photo: Geraldo Fernandes

matory, antibacterial, soothing and healing properties), removed from the candeia tree (*Ermanthus erythropappus*).

Another service provided by plants is the aesthetic and ornamental value that many species possess. Plants like orchids and evergreens are collected in native areas and exported as ornamental plants to more than 50 countries. In the past, the volume of exports of Cerrado species reached 940 tons / year and between 1989 and 2013 generated US \$ 2.74 million / year (Neves et al., 2014). This trade took place at least one hundred years ago and has social importance, since it remunerates low-income families in rural and urban areas, as well as being a rich cultural patrimony practically unknown.

d) Biodiversity and health

Deep changes in the landscape resulting mainly from human activities, such as deforestation, habitat fragmentation, pollution and major construction projects, strongly alter natural processes at a variety of scales. The generally observed decline in biodiversity results in several cascade effects on ecosystems, starting with changes in abundance patterns of plant and animal species and introduction of exotic species, with manifold impacts on ecosystem services and thus human health. This can directly affect the natural cycles of pathogen populations which cause diseases in humans and animals (zoonosis), leading to spatial and temporal dispersion of vectors and reservoirs and, consequently, to the increase of the transmission rates. This process known as emergence or re-emergence of zoonoses is the initial condition for the occurrence of endemics and epidemics, considered as one of the greatest threats to public health around the world - as seen in the Covid-19 outbreak, caused by a coronavirus that spilled over to humans from its original reservoir in wild animals.

Wild species that adapt well to environments disturbed by humans and to the presence of human dwellings, can have increase their abundances increased where anthropogenic influence is high. Examples include the common opossum and rodents (Gentile et al., 2000). These species can become links of contact among humans, domestic and wild animals (Oliveira et al., 2014). Subsequently, infectious diseases of zoonotic origin arise from the spillover of a given pathogen or parasite from its natural host (wild or domestic animal) to humans, or less often registered, in the opposite direction. Especially at the interfaces of urban or rural areas and wild environments, people come into contact with parasites that previously were restricted to animals; these areas thus are considered to be critical areas (Daszak et al., 2000; Mills, 2006).

This strong relationship between the sustainable maintenance of natural processes and environmental services, including biodiversity, with human well-being and public health today at current is not considered in public policies. Recognition of this link would be another argument for the integration of natural-habitat preservation in the planning of economic development in Brazil. The fact that the study of species that act as vectors and their relationships both to parasites and pathogens and to human populations is of high relevance for predictions of future threats to human health due to environmental degradation is rarely considered outside the scientific milieu.

Biodiversity research as proposed by the PPBio can thus contribute considerably to human health and to the planning of the country's development. The so-called "One Health approach", today endorsed by many international organizations, represents a holistic, inclusive and long-term vision of the concept of health that, through cross-disciplinary studies, allows the connection among biological species, humans and animal health and the environment in medical clinic, public health, scientific research and public health policies. The most important points to be developed within this approach are (1) increasing knowledge of biodiversity, particularly of species involved in the transmission cycles of the diseases; (2) understanding the functioning of ecosystems; (3) obtaining estimates of abundance of organisms; (4) monitoring populations of key species with permanent diagnosis of parasites; (5) diagnosis of diseases and treatment in people; (6) programs for training local agents for monitoring actions; (7) greater integration among physicians, veterinarians, scientists, educators, public authorities, companies and human populations; and (8) education programs aiming at culture change, raising awareness of the importance of biodiversity conservation for people's well-being. Biodiversity research is a key component here, especially when related to the monitoring of environmental degradation and its consequences.

e) Biodiversity and cultural heritage

The close relationship of human society with natural systems and biodiversity has been shown in several aspects; we depend on the systems that contribute, directly or indirectly to our food supply and provide many other benefits. Many of them can be quantified, even in monetary terms. However, in addition to the broad range of utilitarian services, biodiversity also has a cultural value, which, in contrast, is difficult to quantify. This relationship between culture and diversity becomes clearer when we consider the landscape as the point of contact between humans and ecosystems.

In a country the size of Brazil, the relationship between humans and nature obviously varies considerably, both in consequence of the different environmental conditions and the different populations that inhabit this environment. Traditional population often live, or at least lived, in much more direct contact to the ecosystems around them, or within them. Nonetheless, many of their actions had lesser impacts.

The indigenous populations in Brazil are probably the principal holders of knowledge about biodiversity. Brazil is megadiverse, not only in biological richness, but also in indigenous cultures and languages. African peoples also enriched the cultural milieu through Quilombola communities. Every one of these cultures is intimately related to the biological world, both in religious practices and the day-to-day needs for survival.

On the other hand, throughout the history, human occupation has been shaping the landscape and itself was shaped by it. To decode the landscape means to recognize the human work imprinted on it. These uses, ordered by the intentions, needs and adaptations of past populations that established in territories that had been new to the once, and whose traces may be either hidden or reforced by natural dynamics, are a substantial part of what we now call "nature."



Riverbanks are Areas of Permanent Preservation.

Photo: Helena G. Bergallo

In the Atlantic Forest, human occupation consisted of hunters and gatherers between 6,000 and 1,000 years before the present. When the Europeans arrived in Brazil, they found a diversified agriculture practiced by the indigenous populations. However, they did not practice any type of animal husbandry and the hunting was the main source of proteins. Roots, based mainly on the fallow-fallow regime, gave rise to extensive areas of secondary forests. For the most part, this type of use has allowed the resumption of ecological succession. Nevertheless, the marks of the human presence in the landscape are of very diverse natures, with both material and immaterial contours. This is the case of the century-old fig trees of the Atlantic Forest. In most of the secondary forests of southeastern Brazil, we find remarkably large trees of the genus *Ficus* (figs; Family Moraceae), preserved by religious and cultural reasons by traditional populations. It is a convergence of cultures, both of an African legacy and of a Judeo-Christian tradition. Nature also often has an important spiritual value, linked to religious practices or not, and can be considered to be the basis of the cultural diversity of the country. Only very recently, these topics have received attention in the areas of biodiversity and conservation.

The relation between environment and human populations also is obvious in societies formed by European immigration. Maybe the clearest example for this is the figure of the gaúcho, the typical inhabitant of the South Brazilian grassland region, intrinsically linked to the Pampa grasslands and the culture of cattle ranching, similar to the cowboy in North America. The gaúcho represents the lifestyle of the region and, at the same time, the environment where the typical customs associated to this lifestyle developed, and is widely represented in music, artworks and culinary style. Even today, with the natural grasslands disappearing rapidly in

the wake of general land-use change, the image of the gaúcho serves as cultural identity for an entire region. Similar situations exist in many other regions, often even more directly, in regions where natural resources, such as fish or wild plants, constitute important parts of local diet. This is the case of the Pantanal, where the European occupation occurred due to the availability of high quality pastures, and cattle ranching became the main economic activity. A complex relationship between culture and environment has been established, in which other components of biodiversity, such as fauna and flora, landscape and seasonal flooding, have also been inserted. For riverside populations, the relationship with floods and the use of resources, largely inherited from indigenous populations, has generated a peculiar culture in which traditional knowledge and the use of space have a deep relationship with the water cycle and the resources available in the different times of the year. The valuation of these resources and their importance for the local culture and economy is very difficult to be done, but there is no doubt as to how this interdependence influences the life of the Pantanal populations.

While the contribution of biodiversity to cultural identity may be difficult to quantify, its importance for some economic sectors is evident, and can often be measured directly. It is the scenic beauty of our landscape that serves as the principal attraction for visitors of many protected areas in the country and, through this, as the motor for tourist activities. Often, tourism and related human activities are considered a threat to biodiversity. Obviously, possible impacts need to be evaluated and avoided. However, the understanding that nature is the basis for the economy in many rural zones is often not well developed, even in scientific research. The PPBio network provides the possibility to analyze these relations all over the country, with the chance to contribute not only to a better understanding of the interaction between nature, society, and culture, but also to bring concrete solutions to the field of biodiversity conservation.



Natural environments provide ecosystem services such as clean water, fundamental to human society
Photo: José Sabino

Biodiversity shaped these cultures, and without biodiversity they will collapse, overwhelmed by the avalanche of twenty-first century information technology. The ability to integrate traditional knowledge with modern uses of biodiversity will probably determine how many of the traditional Brazilian cultures will survive into the future. On the other hand, recognition of and respect for the culture of the other, of the different, besides representing a perspective of an ethic of sharing, is a key to a more humane and supportive future.

f) Ecological restoration

Faced with changes in land use and environmental degradation in large areas, ecological restoration has become critical to maintaining biodiversity and ecosystem services essential for human well-being. Within the framework of the Convention on Biological Diversity (CBD), one of the goals of Aichi and the National Biodiversity Targets (goal 15) is to recover by at least 15% of degraded ecosystems around the world by 2020. In Brazil, the National Plan for the Recovery of Native Vegetation (PLANAVEG, from Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa) provides for the restoration of a minimum of 12.5 million hectares by the year 2035, including the recovery of degraded areas within Conservation Units, Permanent Preservation Areas, Legal Reserve and indigenous lands.

Ecological restoration can restore the vegetation cover of degraded areas (including the control of invasive species) and areas that connect natural ecosystems, so-called ecological corridors, contributing to the recovery of native biodiversity and to the improvement of ecological functions and processes, and consequently, for the provision of ecosystem services. Among the many ecosystem services that may be promoted by ecological restoration, particular attention has been paid to the ability of ecosystems to store carbon by removing carbon dioxide (CO₂) from the atmosphere and regulate water availability.

While the need for restoration actions and planning has been widely recognized, there are still major gaps

in knowledge about restoration, including the issue of which areas should be prioritized for ecological restoration. One challenge is the complexity of natural ecosystems, especially in megadiverse countries, such as Brazil, with a great diversity of ecosystems, each with its typical richness and its specific characteristics, and with dynamics determined by a wide range of processes and ecological factors that result from the heterogeneity of climate, geology, soil, biogeography and human use. Thus, ecological restoration strategies and techniques will have to be distinct in the different regions and ecosystems of the country. And this is where biodiversity research has great relevance: ecological restoration activities require reference ecosystems, which define the goal of restoration in each case. For this, the understanding of natural ecosystems, their composition, the interactions of their components and their dynamics in time and space are fundamental for the development of qualified actions of restoration - especially when we wish to go beyond the focus of restoration on vegetation and advance to an ecosystem perspective (Kollmann et al. 2016).

Another important aspect is the establishment of priority areas for ecological restoration based on multicriteria approaches, including environmental, social and economic parameters. While these areas can be defined as a result of environmental degradation (e.g., regions where much of the native vegetation cover has already been converted into other land uses), or because of high levels of pollution or other environmental risks, the characteristics of the natural ecosystems themselves are important, such as the specificity of the ecosystem, their species composition (including the presence of endangered or endemic species) and structure, and their vulnerability to climate change and land use.

It is also necessary to develop adequate criteria for the monitoring of ecological restoration actions in all the regions and ecosystems of the country. Such criteria should include biological aspects at various trophic levels as well as social aspects (e.g., involvement of the rural population) and economic (e.g., restoration costs, economic return of restoration actions), and require the development of a contextual model widely applicable in the various ecological-restoration situations in the country. It is necessary to list indicators that allow the efficient evaluation of restoration actions, as well as contributing to the diffusion of knowledge about the recovery of native ecosystems.

g) Public Policies

One of the greatest challenges for modern Science is to promote the interface between knowledge producers and decision makers. The application of scientific knowledge in decision making and in public policies is one of the explicit objectives of PPBio. This includes biodiversity conservation, but the previous sections have shown that biodiversity information is important in many other areas of public policy, especially those that, in one way or the other, affect the natural-resource bases. Efforts of individual researchers are important to pass scientific information to society, but more organized ways are important in order not to overwhelm decision makers with different pieces of information, some of which might be contradictory. The chance of influencing decisions is greater when the information is presented as a consensus among researchers working together, such as the PPBio. The national

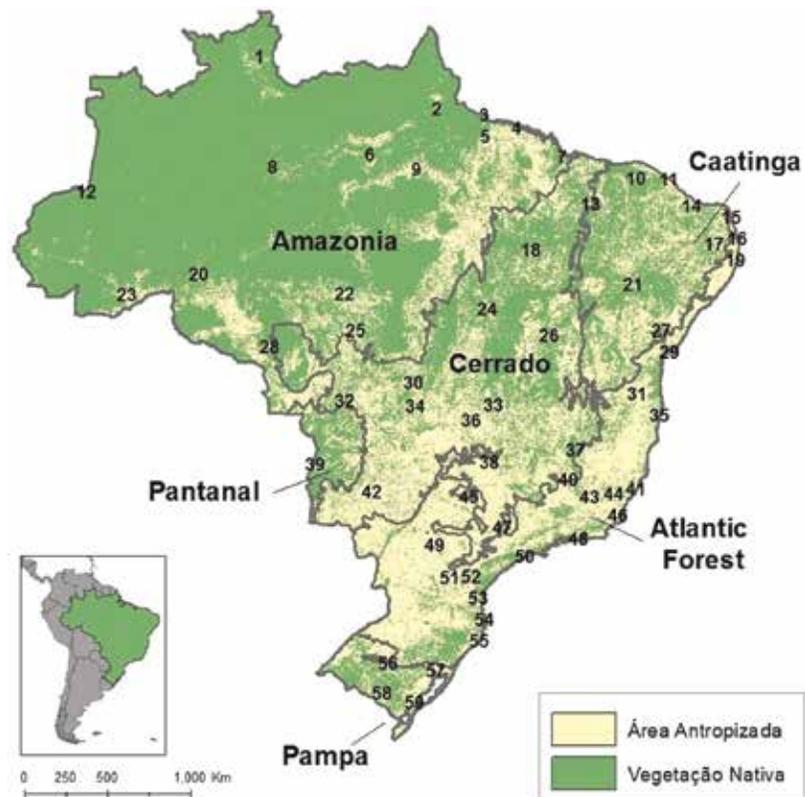
breadth of the program (Figure 3) and the collaboration of biodiversity scientists allow for the development of synthesis reports that can make the relevance of research findings more explicit and can also attend to specific political demands.

From the outset, the PPBio has invested heavily in activities associated with citizen science, production of material for dissemination, such as books and videos, and training courses for personnel from government and private organizations that use or interpret biodiversity data. Despite considerable advances in this regard, the development of material on biodiversity and conservation remains an urgent task in Brazil, where information availability is still low. The development of educational material for different kinds of audiences and using the full potential of available media thus remains an important field of activity. This refers not only to information on the distribution of biodiversity in space and time, but also to the interactions of other economic activities with biodiversity.

One of the most important areas in which the PPBio operates is in the development of sampling protocols. Designed to be scientifically rigorous, these protocols can and should be used in licensing processes and the evaluation and monitoring of environmental impacts. Information about the intensity and distribution of impacts in time and space are essential to design mitigation activities that are appropriate to protect the natural resources necessary for human activities. An example for such a protocol is the RAPELD system, which is used in several of the

Mountain environments are the target of hikes by tourists who seek sport and leisure in their silence. Serra do Cipó, MG.
Photo: Antônio Cruz





PPBio networks and has also been applied in various forms by Brazilian federal organizations, such as IBAMA, ICMBIO and SFB. Monitoring biodiversity is not only an activity to support national government agencies, it is a requirement of several international agreements, such as the Convention on Biological Diversity (CBD), to which Brazil is a signatory. The RAPELD system was recommended as the default system in the Rainforest Standard, the World's first standard for monitoring biodiversity in carbon-credit projects that was launched in Rio+20. The PPBio continues to strive to develop sampling protocols that will permit wise decision making based on trustworthy information about Brazilian biodiversity and, at the same time, allow for consideration of the specificities of the different biomes and ecosystems.

6) The PPBio Team

The Biodiversity Research Program is made up of networks in all major Brazilian regions. The PPBio networks includes over 650 researchers from more than 90 national research and higher education institutions (Figure 3), with the collaboration of dozens of national partners, such as nongovernment organizations and government agencies, and collaborations with institutions from around the World.

7) Research networks in all Brazilian regions

The Amazon

The Amazon is the largest Brazilian biome, covering 4.2 million km² in northern of the country and comprising almost half of the national territory. It is represented as homogenous on most maps, but it holds several landscapes, ranging from savannas to the world's largest rainforest, and even Brazil's highest mountain. The vastness is not restricted to the forest: the Amazon basin also discharges almost one third of the freshwater available on our planet into the Atlantic Ocean. Moreover, convection currents that originate in the Amazon transport large quantities of water vapor from the Amazon to other parts of South America. However, maybe the most extraordinary, at least the most visible, aspect of the Amazon is its enormous biodiversity, which includes more than one out of every four living species of the planet.

Unfortunately, Amazonian biodiversity is extremely endangered by humans, due to hydroelectric plants, mineral extraction, logging and unregulated agricultural development. In the past three decades, high rates of deforestation have impacted the biome as no other on the planet. The damages are usually irreversible because it is a fragile and complex environment, thus posing difficulties for restoration. Some of the ecosystem services of the Amazon forest are relatively well known, even though deforestation is still destroying thousands of km² per year; reducing rainfall in the rest of Brazil. Deforestation also results in huge emissions of CO₂, whereas the intact forest tends to fix carbon, reducing the greenhouse effect.

The PPBio in the Amazon has focused on filling the deficient knowledge about the richest and least known biota on the planet. In recent years, the network has also conducted research on how human actions are interacting with the environment. Even though the Amazon networks are the oldest in the PPBio, involving hundreds of researchers and monitoring sites, there are many challenges for research. The current network is organized in two executive hubs, one in Manaus and the other in Belém, which coordinate regional hubs in all Brazilian Amazonian States. The mission for the next years is to monitor trends in Amazonian biodiversity, provide information to decision makers, and empower stakeholders in regional hubs to make the decisions necessary for the sustainable development of the Brazilian Amazon.

Caatinga

The Caatinga domain corresponds to an area of about 850,000 km² in northeastern Brazil, defined by semi-arid climate and can be delimited by an annual rainfall of up to 800 mm. This region is home to heterogeneous vegetation types, representative of four large biomes, but with a large predominance of the Seasonally Dry Tropical Forest (SDTF) biome. In fact, the Caatinga includes the largest area of SDTF in the Neotropical region. With more than 20 million inhabitants, the Caatinga is the most populous semi-arid region in the world and has the lowest socio-economic indicators in Brazil. This puts great pressure on natural resources, which is aggravated by the slow regeneration of vegetation due to the arid climate and prolonged dry seasons.



Anavilhanas Archipelago located on the Negro River, is formed by a group of about 400 islands and 60 lakes

Photo: José Sabino



Aspect of Caatinga vegetation during the rainy season in Serra Talhada, PE

Photo: Geraldo Fernandes

The vegetation of the Caatinga is extremely variable in structure and reflects the adaptation of plants to local climatic and soil conditions. Its isolation from other areas of SDTF in the Neotropics led to the formation of a biota with high levels of plant and animal endemism. Phylogenetic and biogeographic studies indicate that most of this diversity resulted from in situ speciation in lineages restricted to the Caatinga. In this semi-arid region, PPBio has been strongly involved in filling the huge knowledge gap on biodiversity. We have consolidated research groups in taxonomy and ecology focused on the diversity of the semiarid only in the last 15 years, which has dramatically changed the view, until then dominant, of a region that is poor in species and without relevant endemism.

The expectancy for the continuation of the PPBio in the Semi-Arid include an extension of its action lines for the understanding of how the Caatinga works in different conditions of climate and soil, through the establishment of a network of permanent uniform distribution plots in different phytophysognomies. This deepening in the knowledge of ecological and evolutionary processes will be of great importance for the planning of strategies of conservation of the biodiversity and sustainable use of the natural resources of the Caatinga. In the context of PPBio, researchers intend to identify priority areas for conservation using objective metrics (such as phylogenetic diversity and endemism) combined with the presence of rare, endemic and/or endangered species. These results will also guide strategies for restoration and sustainable use. This includes using marked plants in permanent plots as sources of propagules which should be more effective than ex-situ seed banks.

Cerrado

The Cerrado covers an area of more than 2 million km² and spans wide environmental gradients in the central region of Brazil, from latitude 2° N to 25° S, with altitudes varying from 100 m to above 2000 m. Consequently, the Cerrado has a complex vegetation mosaic composed of forest, savanna and grassland formations. The main factors that promote this mosaic of vegetation types are differences in soil types, microclimates, water availability and the frequency of fire. In general, the more fertile and deeper the soil is, the higher and denser the vegetation. On the other hand, fire reduces woody vegetation cover and promotes herbaceous vegetation. Importantly, plant community composition of the Cerrado also varies considerably across its geographic extent, which results in the most diverse savanna of the world, with more than 13,000 plant species (5% of the planet).

Gold mining in the late 17th century was the first activity to increase the human population in Central Brazil, which cover the core area of the Cerrado. Agricultural activities in the 20th century intensified the occupation of the Cerrado and more recently the technology allowed

Sand dunes of the São Francisco River in the Caatinga.

Photo: Luciano Queiroz

Restinga forest, one of the Atlantic Forest phytophysognomies close to the coast. Ilha Grande, RJ

Photo: Helena G. Bergallo

Cerrado area in the region of Diamantina, MG

Photo: Geraldo Fernandes

the expansion where the last and largest remaining areas of Cerrado is found. The present human population of the Cerrado exceeds 26 million, connected by thousands of paved roads. Soybean, corn, cotton, sugarcane and livestock farming are the main economic activities in the Cerrado region and the pressure to expand these activities in the remaining natural areas is increasing. Human influence is ubiquitous in the Cerrado and its activities have led to losses of more than 1 million square kilometers of natural vegetation.

Because it is an area of great ecological importance, housing many endemic and endangered species, and because it is losing habitat at an alarming rate, the Cerrado is internationally considered a biodiversity hotspot. It is also important for the water supply in Brazil. Ten of the 12 Brazilian watersheds are fed by headwaters located in the Cerrado. Extensive areas, especially on the Central Brazilian plateaus, contribute to the recharge and maintenance of important aquifers, such as the Guarani. Its native vegetation, especially the wetlands and floodplains, regulates the flow of water and maintains its quality, reducing the cost of water treatment by about 100 timesfold.

The PPBio in Cerrado are formed by dozens of researchers in institutions in the Northeast, Southeast and North of Brazil. The main objectives are to inventory, monitor and train human resources on biodiversity, understand the trends in species distribution along ecological gradients, record and value environmental services, develop capacity for ecological restoration, and support the maintenance and improvement of the scientific collections.

Atlantic Forest

Established 70 million years ago, the Atlantic Forest is the oldest forest formation in Brazil. Originally, it covered about 150 million hectares, in a latitudinal gradient of more than 25 degrees, occurring under very heterogeneous environmental conditions. However, because it occurs along the Brazilian coastline, the Atlantic Forest has undergone anthropic impacts since the time of discovery. Currently, about 70% of the Brazilian population lives in this biome and its area is reduced up to 16% of its original cover, distributed in fragments of which 80% are less than 50 ha. Of the remaining remnants, only 9% are in protected areas and less than 1% of these protected areas contain original forest (Ribeiro et al., 2009).

The Atlantic Forest includes 1-8% of the world's flora and fauna and is the biome with the highest number of endangered species in Brazil. According to the "List of Species of Brazilian Fauna Threatened with Extinction", 70% of the threatened taxa of mammals and 47% of the birds occur in the Atlantic Rainforest. For the flora, the scenario is similar, 56% of the species that occur in the Atlantic Forest are endemic and 10% species are threatened. Due to the drastic reduction of its original area associated with its high diversity of species and the high rates of endemism, the Atlantic Forest is considered a biodiversity hotspot of the planet.

Although its biodiversity is impressive, much remains to be done in terms of biodiversity assessment. For instance, only 0.01% of protected areas have had their trees cataloged over more than dozens of years of studies. The Atlantic Forest also plays an important role in providing environmental services to the human population, such as water and food, and regulation of floods and droughts. Considering that it is distributed throughout 17 Brazilian states,

sheltering a large part of the country's population, the services offered by the Atlantic Forest represent an important contribution to living conditions in Brazil.

The research networks in the Atlantic Forest are formed by more than a hundred researchers in institutions in the Northeast, Southeast and South of Brazil, developing integrated research using standard protocols. The main objectives of PPBio in the Atlantic Forest are to survey, monitor and train human resources to understand biodiversity, predict the possible impacts of species loss on biological systems and environmental services, evaluate how species will be able to respond to extreme weather events, and the role of forests in climate regulation. In addition, the network supports the maintenance and improvement of scientific collections and in the dissemination of the results so that they are accessible for the population and decision makers.

Pantanal

The Pantanal is a large floodplain, of which 80% (140,000 km²) is in Brazil and the remaining area is shared by Bolivia and Paraguay. Nearly 65% of the Brazilian area is located in Mato Grosso do Sul State, and 35% in the neighboring Mato Grosso. The Pantanal is inserted in the upper Paraguay River basin, and most of it is seasonally inundated by local rainfall and river overflow. The temporal and spatial variability of its inundated areas generates an extensive aquatic-terrestrial transition zone that defines the Pantanal's landscape, ecological processes, and biodiversity. Most of the Pantanal is a seasonal flooded tropical savanna containing a variety of vegetation types, such as forests, open savanna woodlands, arboreal-grassy savannas, dry grasslands, seasonally flooded grasslands, permanent and seasonal ponds, drainage channels, and swampy lowlands. Extensive cattle ranching was established in the Pantanal more than 200 years ago because of the abundant native pastureland, and it became the most important economic activity in the region. Presently, there is a trend towards the intensification of the ranching practices, including the replacement of native vegetation by cultivated African grasses. This interference in the natural landscape often includes deforestation, which may jeopardize the biodiversity and ecosystem functions.

The region is well known for its abundant wildlife. The biodiversity in the Pantanal is influenced by four major South American ecosystems: the Amazon rainforest, the Cerrado, the Atlantic Forest, and the Chaco. The area is home to 152 mammal species, 582 bird species, 151 reptile species, over 75 amphibian species, 269 fish species, as well as over 2000 plant species. The Pantanal is the bird-richest wetland on the planet, and an important stopover area for migratory birds. Relatively large populations of several endangered species still occur in the Pantanal, such as jaguar (*Panthera onca*), giant otter (*Pteronura brasiliensis*), hyacinth macaw (*Anodorhynchus hyacinthinus*), marsh deer (*Blastocerus dichotomus*) and giant ant-eater (*Myrmecophaga tridactyla*).

The main threats to this unique ecosystem are the replacement of the native vegetation by exotic, cultivated African grasses, hydroelectric power projects which implies damming the major rivers that form the Pantanal, navigation projects which require rectification of river meanders and removal of rocks and sediments from the river bed, introduction of exotic animal and plant species, erosion and pollution with agricultural chemicals in the surrounding



Jatobá waterfall in the Arvaide creek, Serra Ricardo Franco State Park, Mato Grosso State.
Photo: Guarino Coli



Chaco area in the south of the Pantanal
Photo: Walfrido Tomas



Altitude fields with araucarias. Tainhas State Park, Jaquirana, RS
Photo: Gerhard Overbeck



Transition zone between the araucaria forest and the countryside in Tainhas State Park
Photo: Gerhard Overbeck

plateaus of the Upper Paraguay River basin. These impacts, added to the climate change scenarios, which predict a 30% reduction in the average precipitation in the region by 2100, may deeply alter the functioning of this unique ecosystem and its biodiversity.

Campos Sulinos

The Campos Sulinos (Southern Grasslands) include grassland regions in two Brazilian biomes: those of the Pampa biome, situated in the southern half of Rio Grande do Sul State, and those situated in the southern part of the Atlantic Forest biome, in the highland regions of northern Rio Grande do Sul, Santa Catarina and Paraná States. In most parts of the Pampa, forests are scarce and usually restricted to river banks. In the Atlantic forest biome, grasslands intermingle with subtropical Araucaria forest. Despite considerable differences in terms of climate and the dominant vegetation patterns, grasslands in both biomes share many ecological similarities which justifies their joint consideration in PPBio (Overbeck et al. 2007).

The grassland ecosystems in southern Brazil appear homogeneous at first glance, but they are not. Differences in geology and topography and, in consequence, in soils, together with strong climatic gradients are the main drivers for the development of different grassland types, which differ in terms of vegetation physiognomy and species composition. The Campos Sulinos have an outstandingly high biodiversity. More than 3000 grassland plant species can be found, while in some regions 40 or 50 plant species per square meter can be found. For a long time, this diversity has been neglected by conservation policy, and the entire region has suffered - and still is suffering - rapid and intense land-use change. What the grasslands have in common, is their aptitude for grazing by cattle. For many years, starting in the 17th century, extensive cattle ranching was the most important economic activity in the region. Research conducted within the PPBio network has shown that, as long as stocking rates are

The fields in the south of the country are the basis for livestock, and are of enormous relevance to the culture of the state.
Photo: Gerhard Overbeck



adequate, grazing by beef cattle, sheep or horses is compatible with preservation of biodiversity and of important ecosystem services, such as carbon storage in soil, recharge of aquifers or maintenance of pollinator populations.

With the advances of industrialized agriculture, the natural grasslands started to be converted into other land uses, principally soybean and rice fields, but also tree monocultures. Recent research of the PPBio has shown that the current rates of habitat conversion have clear negative effects on biodiversity, and that it is necessary to establish regional limits for grassland transformation in order to achieve better conservation in the region. Another important research topic tackled by PPBio is the development of restoration techniques for grassland ecosystems.

8) Implementation strategy

PPBio is financed through executive hubs in all major biological regions of Brazil. It is the responsibility of these networks to involve all biodiversity stakeholders in their region, and where appropriate to stimulate the formation of local networks to promote capacity building and the integration of local biodiversity stakeholders to improve the quality of decisions made regarding biodiversity at all scales, from individual users to municipal, state and federal governments.

9) Dissemination strategy

PPBio has used several strategies to disseminate the information and knowledge generated by the networks on biodiversity. The main of these has been through scientific publications in peer reviewed journals. However, in order to achieve one of the main objectives, which is to bring knowledge to different segments of society, PPBio has made efforts to publish identification guides, booklets and books of scientific dissemination, virtual libraries on biodiversity, besides interviews and lectures. In addition, PPBio has a Data Policy to promote the availabil-



Phallus indusiatus, a fungus most easily found in the Southeast and Northeast of Brazil.
Foto: Antonio Carlos de Freitas



Langsdorffia, parasite plant belonging to the family Balanophoraceae.
Photo: Walfrido Tomas

ity of data generated on Brazilian biodiversity (https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/politica_dou.pdf).

10) Financing

PPBio is a structuring program with the objective of increasing the competence and competitiveness of all the Brazilian organs that work with biodiversity. Therefore, the primary resources that come from MCTIC are used to leverage investment by other sectors.

In recent years, the main funding agencies of PPBio have been the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq/MCTIC), the State Foundations for Research Support (FAPEAM, FAPESPA, FAPESB, FAPEMAT, FUNDECT, FAPEMIG, FAPDF, FAPESC, FAPES, FAPERGS And Araucária Foundation) and the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES).

11) References

Agência FAPESP. Toledo K. 2014. Desmatamento eleva em 100 vezes o custo do tratamento da água. http://agencia.fapesp.br/desmatamento_eleva_em_100_vezes_o_custo_do_tratamento_da_agua/19036/.

Berthrong, S., Jobbagy, E.G. & Jackson, R.B. 2009. A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation. *Ecological Applications*: 2228-2241.

Daszak, P., Cunningham, A.A. & Hyatt, A.D. 2000. Emerging infectious diseases of wildlife - threats to biodiversity and human health. *Science* 287:443-449.

Gentile, R., D'Andrea, P.S., Cerqueira, R. & Santoro Maroja, L. 2000. Population dynamics and reproduction of marsupials and rodents in a Brazilian rural area: a five-year study. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 35:1-9.

Honda, E.A. & Durigan, G. 2016. Woody encroachment and its consequences on hydrological processes in the savanna. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 371:1-10.

Kollmann, J., Meyer, S.T., Bateman, R., Conradi, T., Gossner, M.M., De Souza Mendonça, M., Fernandes, G.W., Hermann, J.M., Koch, C., Müller, S.C., Oki, Y. Overbeck, G.E., Paterno, G.B., Rosenfield, M.F., Toma, T.S.P. & Weisser, W.W. 2016. Integrating ecosystem functions into restoration ecology - recent advances and future directions. *Restoration Ecology* 24:722-730.

Lewinsohn, T.M. & Prado, P.I. 2005. How many species are there in Brazil? *Conservation Biology* 19:619-624.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.

Mills, J.N. 2006. Biodiversity loss and emerging infectious disease: an example from the rodent-borne hemorrhagic fevers. *Biodiversity* 7:9-17.

Neves, A.C.O., Negreiros, D., Fazito, D., Goulart, M.F., Echternacht, L., Silva, S.R. & Fernandes, G.W. 2014. Brazilian dried ornamental plants: provisioning ecosystem services and livelihoods. Anais do I Simpósio Internacional de Ecologia e Conservação - 25 a 27 de agosto de 2014, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Página 14.

Novais, S.M.A., Nunes, C.A., Santos, N.B., D'Amico, A.R., Fernandes, G.W., Quesada, M., 2016. Effects of a possible pollinator crisis on food crop production in Brazil. PLoS ONE 11(11): e0167292. doi:10.1371/journal.pone.0167292.

Oliveira, L.J.C., Costa, M.H., Soares-Filho, B.S. & Coe, M.T. 2013. Large-scale expansion of agriculture in Amazonia may be a no-win scenario. Environmental Research Letters 8: 024021.

Oliveira R.C., Gentile, R.; Guterres, A., Fernandes, J., Teixeira, B.R., Vaz, V., Valdez, F.P., Vicente, L.H.B., Costa-Neto, S.F., Bonvicino, C., D'Andrea, P.S. & Lemos, E.R.S. 2014. Ecological study of hantavirus infection in wild rodents in an endemic area in Brazil. Acta Tropica 131:1-10.

Overbeck, G.E., Vélez-Martin, E., Scarano, F.R., Lewinsohn, T.M., Fonseca, C.R., Meyer, S.T., Müller, S.C., Ceotto, P., Dadalt, L., Durigan, G., Ganade, G., Gossner, M.M., Guadagnin, D.L., Lorenzen, K., Jacobi, C.M., Weisser, W.W. & Pillar, V.D. 2015. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. Diversity and Distributions 21:1455-1460.

Overbeck, G.E., Müller, S.C., Fidelis, A.T., Pfadenhauer, J., Pillar, V.P., Blanco, C.C., Boldrini, I.I., Both, R. & Forneck, E.D. 2007. Brazil's neglected biome: the south Brazilian campos. Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics 9:101-116.

Pereira-Vieira, P.S.F., Cruz, D.O., Gomes, M.F.M., Campos, L.A.O. & Lima, J.E. 2010. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica 15: 43-53.

Resende, F.M., Fernandes, G.W. & Coelho, M.S. 2013. Economic valuation of plant diversity storage service provided by Brazilian rupestrian grassland ecosystems. Brazilian Journal of Biology 73: 709-716.

Resende, F.M., Fernandes, G.W. & Andrade, D.C. 2014. A perigosa deterioração dos serviços de ecossistemas. Scientific American Brasil.

Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J. & Hirota, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. Biological Conservation 142 1141-1153.

Santos, S.A., Lima, H. P., Massruha, S.M.F.S., Abreu, U.G.P., Tomas, W.M., Salis, S. M., Cardoso, E. L., Oliveira, M.D., Soares, M.T.S., Santos Jr., A., Oliveira, L.O.F., Calheiros, D. F., Crispim, S.M.A., Soriano, B.M.A., Amancio, C.O.G., Nunes, A. P. & Pellegrin, L.A. 2017. A fuzzy logic-based tool to assess beef cattle ranching sustainability in complex environmental systems. Journal of Environmental Management 198:95-106.

Appendix 1

Teaching and research institutions associated with the Biodiversity Research Program (PPBio). The number associated with each institution refers to its location in Brazil according to Figure 3.

Teaching and Research Institutions

- 1 Universidade Federal de Roraima - UFRR
- 2 Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA
- 2 Universidade Federal do Amapá - UFAP
- 3 Universidade Federal do Pará - UFPA, Campus Soure
- 4 Universidade Federal do Pará - UFPA, Campus Bragança
- 5 Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG
- 5 Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
- 5 Universidade Federal do Pará - UFPA, Campus Belém
- 6 Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA
- 7 Universidade Federal do Maranhão - UFMA
- 8 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
- 8 Universidade Federal da Amazônia - UFAM, Campus Manaus
- 9 Universidade Federal do Pará - UFPA, Campus Altamira
- 10 Universidade Estadual Vale do Acaraú - UEVA
- 11 Universidade Federal do Ceará - UFC
- 12 Universidade Federal da Amazônia UFAM, Campus Benjamin Constant
- 13 Universidade Federal do Piauí - UFPI
- 13 Universidade Estadual do Piauí - UESPI
- 14 Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA
- 15 Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
- 16 Universidade Federal da Paraíba - UFPB
- 17 Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
- 18 Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

19 Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
19 Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
19 Jardim Botânico do Recife
20 União das Escolas Superiores de Rondônia - UNIRON
20 Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ Rondônia
20 Faculdades Integradas de Rondônia - FARO
20 Universidade Federal de Rondônia - UNIR
21 Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF
22 Universidade do Estado do Mato Grosso
UNEMAT, Campus Alta Floresta
23 Universidade Federal do Acre - UFAC, Campus Rio Branco
24 Universidade Federal do Tocantins - UFT, Campus de Palmas
24 Universidade Federal do Tocantins - UFT, Campus Porto Nacional
25 Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT, Campus Sinop
26 Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOBA
27 Instituto Federal da Bahia - IFBA
27 Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS
28 Instituto Federal de Rondônia - IFRO, Campus Colorodo do Oeste
29 Universidade Federal da Bahia - UFBA
30 Universidade do Estado do Mato Grosso
UNEMAT, Campus Nova Xavantina
31 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UESB, Campus Itapetinga
33 Universidade de Brasília - UnB, Campus Planaltina
32 Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT, Campus Cuiabá
33 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA, Unidade Recursos Genéticos e Biotecnologia

33 Universidade Católica de Brasília - UCB
34 Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT, Campus Araguaia
35 Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC
35 Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC
36 Universidade Federal de Goiás - UFG
37 Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
UFVJM
37 Instituto Biotrópicos
38 Universidade Federal de Uberlândia - UFU
39 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA, Unidade Pantanal
41 Instituto Federal do Espírito Santo - IFES
40 Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
41 Universidade de Vila Velha - UVV
42 Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS
43 Universidade Federal de Viçosa - UFV
44 Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
45 Universidade Estadual Paulista
UNESP, Campus São José do Rio Preto
46 Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF
47 Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
47 Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus Rio Claro
48 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA, Unidade Agrobiologia
48 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ
48 Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UERJ, Faculdade de Formação de Professores - FFP

48 Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
48 Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ Rio de Janeiro
48 Universidade Federal Fluminense - UFF
48 Museu Nacional do Rio de Janeiro - MNRJ
48 Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ
48 Instituto Nacional do Câncer - INCA
48 Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO
48 Instituto Internacional para Sustentabilidade - IIS
48 Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro - JBRJ
48 Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio
49 Universidade Estadual de Londrina - UEL
50 Universidade de São Paulo - USP, Campus Butantã
50 Instituto Butantan
50 Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo - MZUSP
50 Universidade Federal de São Paulo
UNIFESP, Campus Baixada Santista
51 Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG
52 Universidade Federal do Paraná - UFPR
53 Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE
53 Universidade Regional de Blumenau - FURB
54 Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa
Catarina - EPAGRI, Florianópolis
54 Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
55 Universidade do Estado de Santa Catarina
UDESC, Campus Laguna
56 Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
57 Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

57 Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS
58 Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA
59 Universidade Federal de Pelotas - UFPel
60 Universidade de Brasília - UnB

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Agenda científica do programa de pesquisa em biodiversidade PPBIO =

Scientific agenda of the biodiversity research program PPBIO / organização Adrian A. Garda, Alberto Akama, Carlos Eduardo V. Grelle, Geraldo W. Fernandes, Gerhard E. Overbeck, Guarino Colli, Helena G. Bergallo, Walfrido Tomas, William E. Magnusson. -- 1. ed. -- Belo Horizonte, MG : Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021.

Vários autores.

Bibliografia

ISBN 978-65-995548-0-3

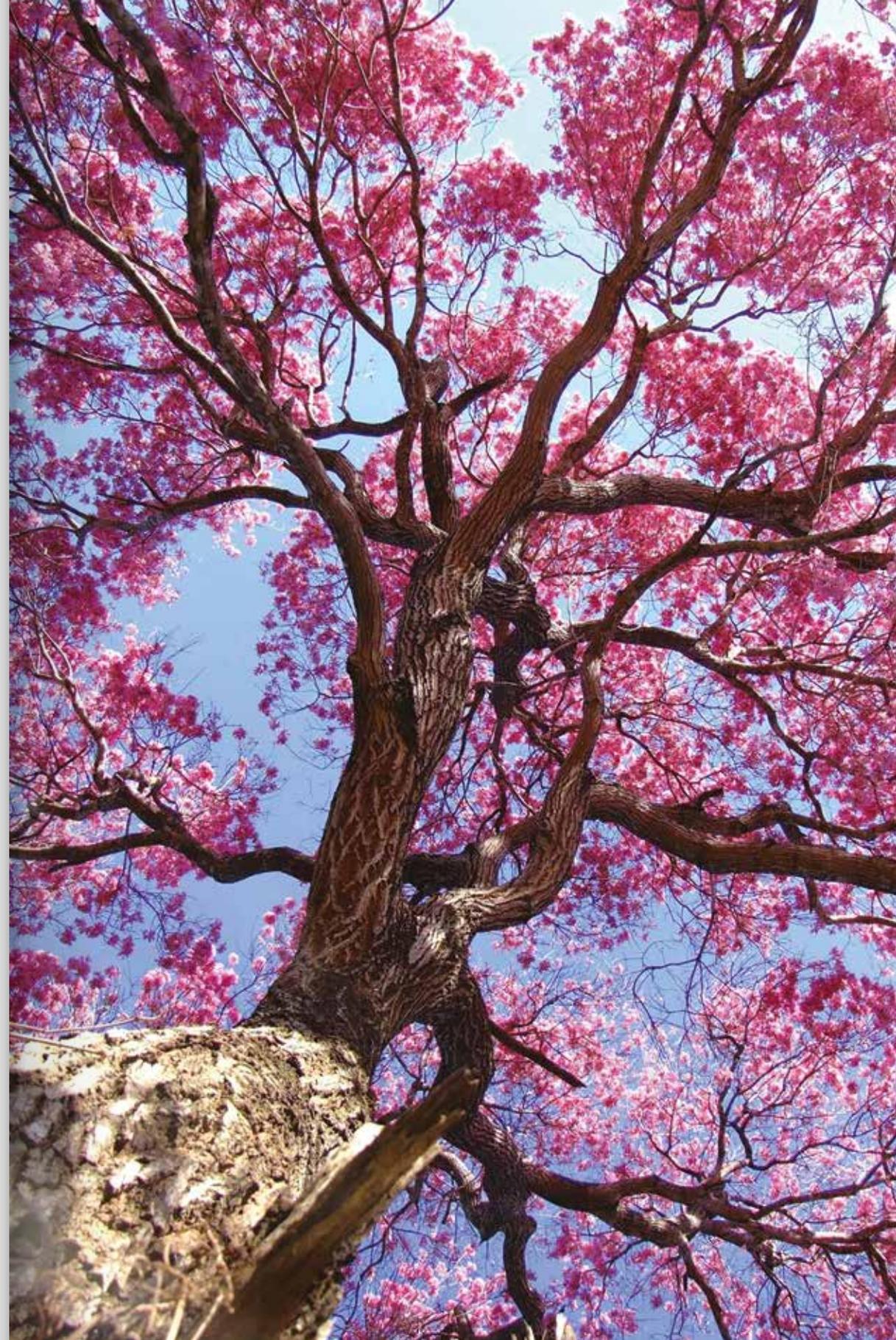
1. Biodiversidade 2. Ecologia 3. Meio ambiente 4. Sustentabilidade ambiental I. Adrian A. Garda, Alberto Akama, Carlos Eduardo V. Grelle, Geraldo W. Fernandes, Gerhard E. Overbeck, Guarino Colli, Helena G. Bergallo, Walfrido Tomas, William E. Magnusson II. Título : Scientific agenda of the biodiversity research program PPBIO

21-73474

CDD-577.5

Índices para catálogo sistemático:

1. Biodiversidade : Aspectos ambientais : Ecologia 577.5
Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129





MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL