

An aerial photograph of a dense, vibrant green forest. A winding river flows through the center, reflecting the sky and surrounding trees. Several small, tree-covered islands are scattered in the water. In the bottom left corner, a small, colorful boat is moving along the river, leaving a wake. The sky is a mix of blue and white clouds.

PLANO CIENTÍFICO LBA



FASE 3

2020-2030

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - MCTI



Programa de Grande Escala da
Biosfera-Atmosfera na Amazônia

The Large Scale Biosphere-Atmosphere
Research Program in the Amazon

PLANO CIENTÍFICO LBA



FASE 3 2020-2030

APOIO



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



MANAUS - AM
2024

PRESIDENTE DA REPÚBLICA

Luiz Inácio Lula da Silva

MINISTRA DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Luciana Barbosa de Oliveira Santos

DIRETOR DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

Henrique dos Santos Pereira

PRESIDENTE DO COMITÊ CIENTÍFICO DO PROGRAMA LBA

Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão - INPE

GERENTE CIENTÍFICO DO PROGRAMA LBA

Bruce Rider Forsberg - LBA

GERENTE OPERACIONAL DO PROGRAMA LBA

Hillândia Brandão da Cunha - INPA

MEMBROS DO COMITÊ CIENTÍFICO DO PROGRAMA LBA

Ayan Santos Fleischmann - IDSM, Brasil

Alessandro Carioca de Araújo - EMBRAPA, Brasil

Bruce Rider Forsberg - LBA, Brasil

Carlos Alberto Nobre Quesada - INPA, Brasil

Erika de Berenguer Cesar - Universidade de Lancaster, Reino Unido

Gilvan Sampaio de Oliveira - INPE, Brasil

Hillândia Brandão da Cunha - INPA, Brasil

Jochen Schongart - INPA, Brasil

José Mauro Sousa Moura - UFOPA, Brasil

Julio Tóta da Silva - UFOPA, Brasil

Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão - INPE, Brasil

Lucieta Guerreiro Martorano - EMBRAPA, Brasil

Paulo Eduardo Artaxo Netto - USP, Brasil

Scott Stark - Universidade do Estado de Michigan, Estados Unidos

Simone Ferreira de Athayde - Universidade da Flórida, Estados Unidos

Tiago da Silva Jacaúna - UFAM, Brasil

Vânia Neu - UFRA, Brasil

NOTA: Este documento foi elaborado em 2023 e publicado em 2024.

Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA

Av. André Araújo, 2936, Campus II, Aleixo, CEP: 69060-001, Manaus - AM

<https://lba.inpa.gov.br> | <https://programalba.cloud>

AUTORES

COORDENAÇÃO

Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão - INPE

Bruce Rider Forsberg - LBA

Hillândia Brandão da Cunha - INPA

Alessandro Carioca de Araújo - EMBRAPA

COLABORADORES

Ana Luisa Kerti Mangabeira Albernaz - MPEG, Brasil

Ana Paula Pires Florentino - LBA, Brasil

Daniel Andres Rodriguez - UFRJ, Brasil

David Montenegro Lapola - UNICAMP, Brasil

Erika Laura Schloemp - LBA, Brasil

Gilberto Fisch - UNITAU, Brasil

Josiane dos Santos - LBA, Brasil

Júlio Tota da Silva, UFOPA, Brasil

Liana Oighenstein Anderson - CEMADEN, Brasil

Mateus Batistella - EMBRAPA, Brasil

Naziano Pantoja Filizola Junior - UFAM, Brasil

Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça - INPA, Brasil

Paulo R. Teixeira - LBA, Brasil

Rodrigo Augusto Ferreira de Souza - UEA, Brasil

Scott Saleska - Universidade do Arizona, Estados Unidos

Shirley Santos Pinheiro - LBA, Brasil

Susan Trumbore - MPI-BGC, Alemanha

Theotonio Mendes Pauliquevis - UNIFESP, Brasil

Membros do Comitê Científico

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Nicole Andrade

CRÉDITO DA CAPA

FLONA Caxiuanã - Daniel Venturini e Marina Angeli

SUMÁRIO

08

INTRODUÇÃO

Dimensões ambientais, sociais e econômicas	10
Justificativa	13
Objetivo	14

16

LBA 25 ANOS E O CONTEXTO ATUAL

Rede de Torres	20
Projetos associados ao Programa LBA	22
Laboratórios vinculados ao Programa LBA	30
Programa de Pesquisa Parceiro	30
Produção científica	30

32

TEMA 1

A Amazônia como um ambiente tropical natural

34

TEMA 2

O ambiente amazônico em transformação

36

TEMA 3

Gestão sustentável da Amazônia: desafios e oportunidades

38

ESTRATÉGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO

40

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LISTA DE SIGLAS

AFEX

Experimento de Fertilização na Amazônia

APP

Áreas de Preservação Permanente

ARL

Áreas de Reserva Legal

ATTO

Observatório da Torre Alta da Amazônia

CAPES

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNPq

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico

CT&I

Ciência, Tecnologia e Inovação

ENCT

Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

ESALq/USP

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/
Universidade de São Paulo

ESECAFLOR

Estudo da Seca da Floresta

FAP

Fundação de Amparo à Pesquisa

FNDCT

Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

GEE

Gases de Efeito Estufa

IBGE

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICT

Instituto de Ciência de Tecnologia

IF/USP

Instituto de Física da USP

IFAM

Instituto Federal do Amazonas

IFAP

Instituto Federal do Amapá

IFRO

Instituto Federal de Rondônia

INPA

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

INPE

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPBES

Políticas Científicas sobre Biodiversidade e Serviços
Ecossistêmicos

IPCC

Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

MCTI

Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação

NASA

Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço

NDC

Contribuições Nacionalmente Determinadas

OCDE

Organização para o Comércio e Desenvolvimento Econômico

ODS

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU

Organização das Nações Unidas

PNMC

Política Nacional sobre Mudança do Clima

REDD

Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação florestal

RPPN

Reserva Particular do Patrimônio Natural

SCAC

Sistema de Captação de Água da Chuva

SisBaHiA

Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental

SISNAMA

Sistema Nacional do Meio Ambiente

UC

Unidade de Conservação

UEA

Universidade do Estado do Amazonas

UERR

Universidade Estadual de Roraima

UFAC

Universidade Federal do Acre

UFMT

Universidade Federal de Mato Grosso

UFOPA

Universidade Federal do Oeste do Pará

UFPA

Universidade Federal do Pará

UFRA

Universidade Federal Rural da Amazônia

UFT

Universidade Federal do Tocantins

UFV

Universidade Federal de Viçosa

UnB

Universidade de Brasília

UNIR

Universidade Federal de Rondônia

UNFCCC

Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança
do Clima

Unifesspa

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

SUMÁRIO EXECUTIVO

O Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), criado em 1998 pela cooperação científica Brasil-EUA-União Europeia (UE), é coordenado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e executado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), conforme Portaria nº 650 de 19 de outubro de 2005 do MCTI. Posteriormente, atualizada pela Portaria nº 78 de 31 janeiro de 2010 do MCTI, opera até hoje em conformidade com esse instrumento.

O LBA é um programa estratégico nacional de pesquisa multidisciplinar que reúne esforços para compreender o funcionamento dos ecossistemas amazônicos em diferentes escalas de complexidade, com o objetivo de:

Entender como as mudanças no uso da terra e no clima poderão afetar os processos biológicos, químicos e físicos, e o desenvolvimento sustentável na região Amazônica, além de sua interação com o clima regional e global.

PORTARIA MCTI Nº 78 DE 31 DE JANEIRO DE 2010

O Programa LBA ocupa um papel fundamental na produção técnico-científica sobre a região amazônica e na formação e capacitação de pessoas altamente qualificadas em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), contribuindo para o protagonismo do Brasil no cenário científico internacional.

Em 2023, o Programa LBA completou 25 anos de ampla cooperação científica nacional e internacional, interinstitucional e multidisciplinar. O LBA segue as orientações descritas em seu plano científico que é dividido em fases correspondentes a um período determinado.

FASE 1 - TEMAS DE PESQUISA

- 1 CLIMA FÍSICO
- 2 DINÂMICA DO CARBONO
- 3 BIOGEOQUÍMICA
- 4 QUÍMICA ATMOSFÉRICA
- 5 HIDROLOGIA DE SUPERFÍCIE E QUÍMICA DA ÁGUA
- 6 MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA
- 7 DIMENSÕES HUMANAS DAS MUDANÇAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA

O primeiro plano científico, lançado em 1998, inseriu questões básicas para compreensão dos ecossistemas amazônicos.

Em 2007, o LBA lançou o segundo Plano Científico Fase 2, construído a partir de reuniões envolvendo o MCTI, Institutos de Ciência de Tecnologia (ICTs) e membros do Comitê Científico LBA.

FASE 2 - TEMAS DE PESQUISA

- 1 O AMBIENTE AMAZÔNICO EM MUDANÇA
- 2 A SUSTENTABILIDADE DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS E OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO TERRESTRES E AQUÁTICOS
- 3 VARIABILIDADE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E HIDROLÓGICAS: RETROALIMENTAÇÃO, ADAPTAÇÃO E MITIGAÇÃO

Em 2022, o Programa avança em uma nova fase - LBA Fase 3 - e lança, a partir de um estudo coletivo e integrativo com atores e especialistas, a Agenda Estratégica para o Desenvolvimento Sustentável do Bioma Amazônico. A agenda foi construída a partir de inteligência coletiva, reunindo membros do Comitê Científico LBA, representantes de ICTs, governo, sociedade civil e setor produtivo, e orientada

FASE 3 - TEMAS DE PESQUISA



1. A Amazônia como um ambiente tropical natural



2. O ambiente amazônico em transformação



3. Gestão sustentável da Amazônia: desafios e oportunidades

a uma estruturação com base nas três dimensões para o desenvolvimento sustentável (ambiental, social e econômico) que deram origem a três temáticas.

Assim, o diagnóstico multiatores apresentado na Agenda Estratégica para o Desenvolvimento Sustentável do Bioma Amazônico 2030 foi utilizado como instrumento de apoio para a elaboração deste novo plano científico do LBA. Esse foi alinhado com os requerimentos preconizados pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) vinculados à Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) e às demandas nacionais.

FASE 3 - OBJETIVOS

- 1** Apresentar as diretrizes estratégicas do programa para a próxima década;
- 2** Promover de forma contínua a ciência de excelência sobre a região amazônica como peça central da ciência global e com perspectivas para ações e soluções baseadas na sustentabilidade;
- 3** Produzir informações que subsidiem soluções que fortaleçam o potencial de equilíbrio dos capitais ambientais, sociais e econômicos, por meio do manejo sustentável de áreas naturais, antropizadas e agrícolas.



INTRODUÇÃO

O Plano Científico LBA Fase 3 é um instrumento de planejamento estratégico nacional elaborado pelo Comitê Científico do LBA, órgão colegiado responsável por assessorar as ações do programa e seus projetos de pesquisa. Este plano oferece subsídios científicos às iniciativas do MCTI que estão em curso por meio de programas e projetos estratégicos para a soberania nacional, no fomento da sustentabilidade e na integração da região amazônica.

Este documento está alinhado com as diretrizes estabelecidas para a elaboração da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2023-2030. O plano científico apresenta ações estratégicas para gestão do programa e orienta seus temas de pesquisa de forma convergente para re-

cuperar, ampliar, modernizar e consolidar sua infraestrutura de pesquisa, bem como a formação e capacitação de pessoas altamente qualificadas em CT&I. Visa impulsionar a pesquisa básica do Programa LBA e integrar, nas suas aplicações, as dimensões social e econômica da sustentabilidade.

O plano está inserido nas questões globais mais urgentes propostas pelos acordos ambientais multilaterais. Utilizado pelo Programa LBA como instrumento orientador, ele propõe impulsionar o desenvolvimento de pesquisas sobre o funcionamento dos ecossistemas amazônicos e sua interação com o clima. Assim, o plano contribui para ações e colabora na formulação de políticas públicas, em conformidade com a evolução e diretrizes da legislação ambiental brasileira e dos acordos ambientais internacionais.

BASE LEGAL NACIONAL DO PLANO CIENTÍFICO LBA FASE 3

POLÍTICAS NACIONAIS DE MEIO AMBIENTE (LEI Nº 6.938/1981):

Constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e institui o Cadastro de Defesa Ambiental.

MUDANÇA DO CLIMA (LEI Nº 12.187/2009):

Oficializa o compromisso do país junto à UNFCCC de reduzir emissões de gases de efeito estufa entre 36% e 39% das emissões projetadas até 2020.

PLANO DE ADAPTAÇÃO E BAIXA EMISSÃO DE CARBONO NA AGRICULTURA (DECRETO Nº 9.578/2018):

Uma agenda estratégica nacional que dá continuidade à política setorial para enfrentamento a mudança do clima no setor agropecuário, no período de 2020 a 2030.

COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (DECRETO Nº 11.550/2023):

Finalidade de acompanhar a implementação das ações e políticas públicas relacionadas à Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

CRIMES AMBIENTAIS (LEI Nº 9.605/1998):

São sanções penais e administrativas referentes às condutas e às atividades criminais ao meio ambiente.

PROTEÇÃO DE FLORESTAS NATIVAS (LEI Nº 12.651/2012):

Uma lei sobre proteção da vegetação, das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e das Áreas de Reserva Legal (ARL); exploração florestal; o controle da origem dos produtos florestais; e o controle e prevenção dos incêndios florestais.

SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (LEI Nº 9.985/2000):

É o conjunto de unidades de conservação (UC) federais, estaduais e municipais, com a finalidade de fortalecer o papel das UCs.

ESTRATÉGIA NACIONAL PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES POR DESMATAMENTO E DEGRADAÇÃO FLORESTAL (DECRETO Nº 8.576/2015):

O objetivo é mitigar a mudança do clima por meio do pagamento de REDD, um instrumento da UNFCCC para recompensar financeiramente os países em desenvolvimento pela redução das emissões provenientes do desmatamento ilegal e da degradação florestal, do manejo sustentável, da conservação e da recuperação de florestas.

RESPONSABILIZAÇÃO ADMINISTRATIVA POR DANOS AMBIENTAIS (DECRETO Nº 6.514/2018):

O texto dispõe sobre infrações e sanções administrativas relacionadas às condutas de transgressão ao meio ambiente.

BASE LEGAL INTERNACIONAL DO PLANO CIENTÍFICO LBA FASE 3**CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (UNFCCC, NA SIGLA EM INGLÊS):**

Tratado ambiental internacional que tem como objetivo estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, com a finalidade de impedir uma maior e mais perigosa interferência humana no sistema climático.

ACORDO DE PARIS:

Tratado internacional sobre mudanças climáticas e tem por objetivo limitar o aumento da temperatura global média, visando reduzir os impactos das mudanças climáticas.

OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS) DA AGENDA 2030:

São um conjunto de 17 metas globais estabelecidas pela ONU para abordar desafios ambientais, sociais e econômicos, visando um desenvolvimento sustentável até 2030.

CONVENÇÃO DA BIODIVERSIDADE BIOLÓGICA E A CONVENÇÃO SOBRE ÁREAS ALAGÁVEIS:

São tratados internacionais focados na preservação do meio ambiente.

MARCO SENDAI PARA REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES E PROTOCOLO DE NAGOYA:

Tem objetivo de reduzir e prevenir riscos de desastres por meio da implementação de medidas abrangentes em diversas áreas, visando diminuir exposição ao risco e a vulnerabilidade a desastres, melhorar a preparação, a resposta e a recuperação, e fortalecer a resiliência

Os temas de pesquisa dispostos no Plano Científico Fase 3 têm o potencial de fornecer informações relevantes ao Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) e à Plataforma Intergovernamental de Políticas Científicas sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES). Além de contribuir na implementação do

modelo de sustentabilidade proposto pela Organização para o Comércio e Desenvolvimento Econômico (OCDE) no Brasil.

Os dados, informações e conhecimentos gerados e disseminados pelo Programa LBA podem ser aplicados, por exemplo, nas análises e sínteses do relatório do IPCC sobre o estado da arte na ques-

tão da mudança do clima e seus processos de mitigação e adaptação, bem como na quantificação, avaliação e comparação das metas de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE), conforme estabelecido nas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs, na sigla em inglês) assumidas pelo Brasil no Acordo de Paris, em 2015.

A rede de torres do Programa LBA vem há mais de 25 anos monitorando as variáveis climáticas na

Amazônia tornando-se uma ferramenta crucial para a compreensão das mudanças climáticas, o combate ao desmatamento, a formulação de políticas públicas eficazes, o avanço da pesquisa científica e a promoção da sustentabilidade. Por meio do monitoramento e da análise contínua dos dados climáticos, o LBA pode contribuir para a proteção da Amazônia e para a promoção do bem-estar das gerações presentes e futuras.

DIMENSÕES AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICAS

A região Amazônica é detentora da maior floresta tropical do mundo, com cerca de 7,6 milhões de km², não é só um elemento crítico para a regulação climática, mas também uma região vulnerável aos efeitos da mudança do clima.

A Amazônia Legal abrange nove estados (figura 1) e possui cerca de 28 milhões de habitantes, o que representa 13% da população brasileira. Ocupa pouco mais de 5 milhões de km², correspondendo a 59% do território nacional.

A Amazônia armazena em sua biomassa cerca de 123 ± 23 pentagramas de carbono (PgC) (Malhi et al., 2006), que correspondem aproximadamente 10 anos de emissões globais de combustíveis fósseis. A liberação deste total estocado para a atmosfera, resultaria em uma retroalimentação positiva no clima global, exacerbando as mudanças climáticas.

A biomassa amazônica libera em média 100 mm de água por mês para a atmosfera (Shuttleworth, 1989; Rocha et al., 2004; von Randow et al., 2004), que corresponde a cerca de 700 trilhões de litros, por meio do processo de evapotranspiração. Além disso, estima-se que a Amazônia abrigue 40.000 espécies de plantas vasculares, das quais 30.000 seriam endêmicas (Mittermeier et al., 2003). A análise de espécies lenhosas indica que em 1 km² de floresta existem entre 45.000 e 55.000 árvores (Ter Steege et al., 2003; Hubbell et al., 2008; Ter Steege et al., 2016) com diâmetros maiores que 10 cm.

O papel crítico da Amazônia na regulação climática e provimento de serviços ecossistêmicos requer uma gestão baseada em ciência para manter sua capacidade de regulação de processos es-

senciais à vida da população, tanto local quanto mundial, entender sua vulnerabilidade e resiliência diante das mudanças climáticas, e otimizar o provimento dos serviços ecossistêmicos por meio de intervenções positivas e adequadas à proteção e à restauração da maior floresta tropical do mundo.

As mudanças climáticas e ambientais colocam em risco a segurança alimentar, hídrica e energética do planeta, aumentando a vulnerabilidade social e econômica dos países e reduzindo criticamente o bem-estar das populações.

O provimento de serviços ecossistêmicos é inestimável para o planeta, especialmente para a região em escalas locais e regionais.

De acordo com o IBGE (2022), a população indígena do Brasil é de 1,7 milhão de pessoas. Dessas, pouco mais da metade, 51% está concentrada nos estados da Amazônia Legal, sendo o Norte a região com maior concentração, correspondendo a 45% da população indígena do país. Além disso, há populações quilombolas, ribeirinhos, extrativistas, pescadores artesanais, entre outros, que retiram da floresta alimentos e fontes de renda.

Pouco mais de 45% do território é composto por áreas protegidas, distribuídas entre Unidades de Conservação de Uso Sustentável (11%), Unidades de Proteção Integral (8%), Terras Indígenas (23%), Áreas de Proteção Ambiental (3%), Terras Quilombolas (0,2%) (IBGE, 2020). Neste contexto, o conhecimento dos processos biogeoquímicos, da biodiversidade e das relações ecológicas e sociais, considerando a sociobiodiversidade amazônica, é fundamental para a sustentabilidade da Amazônia.

Cerca de 55% de seu território continental pode ser manejado para otimizar a produção de serviços ecossistêmicos e garantir a segurança alimentar, hídrica, energética e econômica da população. Somados aos 45% com algum nível legal de proteção,

onde o uso sustentável de recursos florestais pode garantir o desenvolvimento de uma matriz bioeconômica para a região, a Amazônia possui um potencial único no mundo para implementação de um modelo de desenvolvimento baseado nos ODS.

AMAZÔNIA LEGAL

5 MILHÕES DE KM²: 59% DO TERRITÓRIO NACIONAL

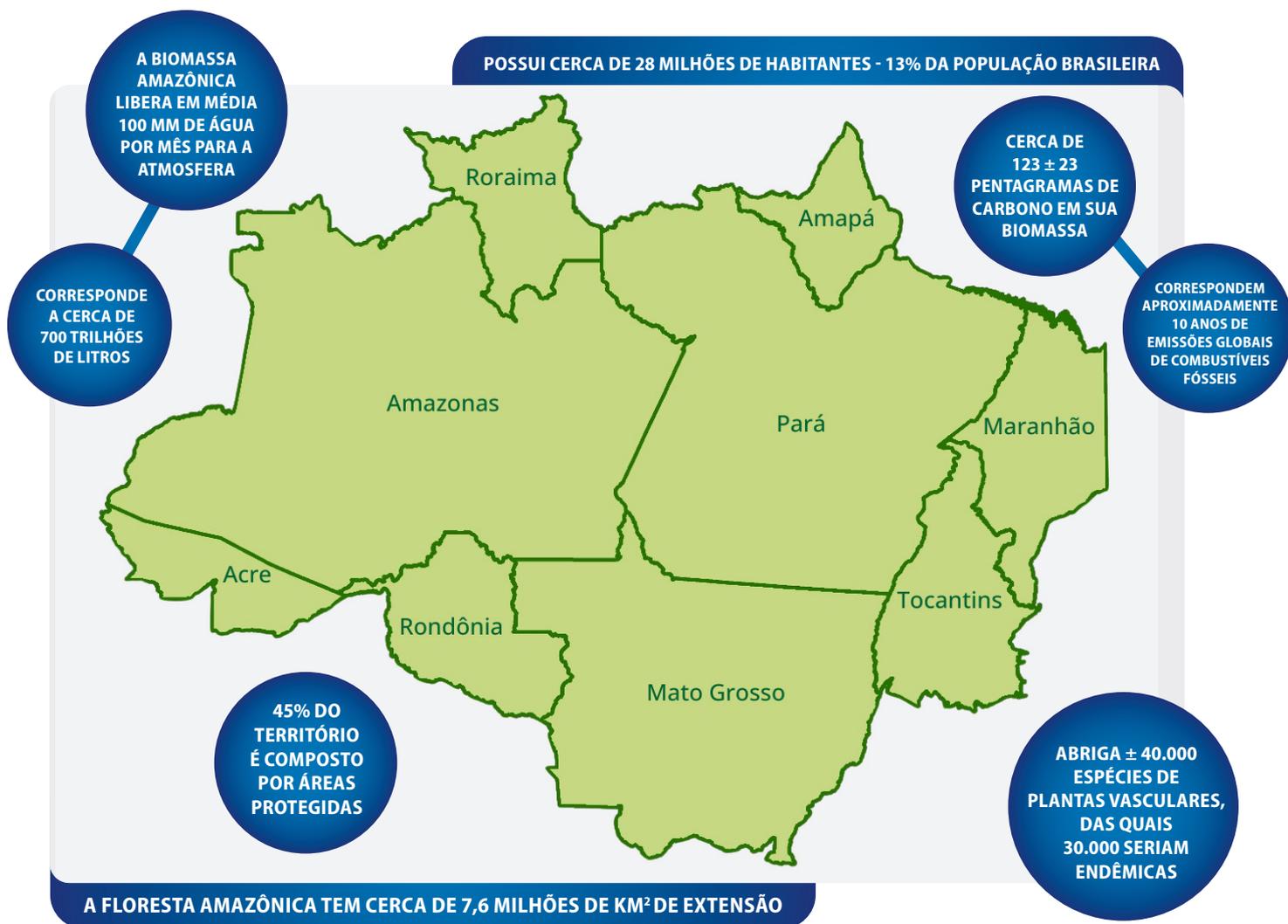


FIGURA 1: Mapa da Amazônia Legal

QUADRO ESTRATÉGICO 2020-2030

MISSÃO

Gerar e disseminar ciência, tecnologia e inovação. Capacitar pessoas para garantir o monitoramento contínuo da Amazônia e o acesso à informação produzida, com o objetivo de subsidiar a sustentabilidade regional.

Consolidar o LBA como programa estratégico na Amazônia até 2030; produzir, de forma contínua, pesquisas de excelência sobre a região amazônica, de modo a influenciar decisivamente as ações e políticas públicas e contribuir para o cumprimento das metas estabelecidas em acordos firmados pelo Brasil.

VALORES:

Excelência

Integração

Transparência

Valorização das Pessoas

Inclusão

Ética

IMPACTOS NA SOCIEDADE:

Bases Tecnológicas em CT&I na Amazônia

Formação de pessoas

Política Pública

Socialização do conhecimento

VALOR PÚBLICO

AUXILIAR:

15 VIDA TERRESTRE

14 VIDA NA ÁGUA

13 AÇÃO CONTRA MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA

APOIAR:

2 FOME ZERO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS



SUSTENTABILIDADE FINANCEIRA:

Desenvolver estratégia de captação, geração e gestão efetiva dos recursos financeiros

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

Promover a pesquisa científica de excelência sobre Amazônia, Clima e Sustentabilidade	Fortalecer a liderança científica brasileira em programas e projetos de cooperação internacional na Amazônia	Ampliar a infraestrutura de pesquisa existente fortalecendo a continuidade do monitoramento da Amazônia	Promover a transparência ativa criando um portal de dados abertos
Fortalecer a integração de dados e informações produzidos pelo LBA e outros programas e projetos de pesquisa nacionais e internacionais	Oferecer subsídios científicos para políticas públicas em áreas estratégicas para o enfrentamento da crise climática e a valorização da sustentabilidade	Promover a divulgação científica para a sociedade	Promover formação técnico-científica sobre a complexidade dos temas amazônicos
Promover articulação institucional fortalecendo e expandindo parcerias	Contribuir para redução das assimetrias regionais em ciência, tecnologia e inovação	Promover diversidade, equidade e inclusão na ciência da Amazônia	Melhorar continuamente a gestão da pesquisa amazônica nacional

JUSTIFICATIVA

O Brasil é o quinto país mais extenso do mundo, ocupando uma área de aproximadamente 8,5 milhões de km² (IBGE, 2022), o que representa quase metade da América do Sul. Mais de 65% do território brasileiro é coberto por vegetação nativa, sendo a maior parte composta por florestas (MAPBIOMAS 2022; INPE, 2023). Essa vegetação está distribuída na forma de um mosaico composto de áreas preservadas e de vegetações com diferentes níveis de degradação dos serviços ecossistêmicos, causada pela intensificação das ações antrópicas. Apesar da constante degradação, a cobertura de vegetação nativa no território nacional desempenha um papel global nos estoques de carbono e biodiversidade, na produção de água e recursos florestais essenciais para a segurança climática, alimentar, hídrica e energética e, conseqüentemente para a sustentabilidade do planeta.

Diante da relevância ambiental do Brasil para o mundo, o entendimento dos processos da vegetação, das variações naturais e das ações antrópicas nesses ambientes heterogêneos é fundamental para o planejamento estratégico e a implementação de ações de sustentabilidade nas diferentes regiões do país e do mundo. Assim, o Brasil tem a oportunidade de definir estratégias baseadas em CT&I para construir um arcabouço de informações e soluções compatíveis com o conceito de sustentabilidade, conforme destacado na Agenda 2030 da ONU e nas diretrizes da OCDE.

A CT&I exerce um papel central no grande desafio de transformar o modo de desenvolvimento adotado mundialmente, baseado na exploração de recursos naturais para geração de riquezas e crescimento econômico dos países, em um modo sustentável. Com isso, será possível alcançar maior eficiência nas soluções de preservação e conservação do meio ambiente, além de promover relações socioeconômicas mais justas e sustentáveis.

Nesse contexto, o avanço técnico-científico pode subsidiar a construção de modelos de gestão territorial e ambiental. Esses modelos são capazes de reduzir a taxa de conversão das vegetações naturais e sua degradação, garantindo a conservação dos estoques de carbono e biodiversidade e a segurança alimentar e hídrica. Desta forma, reduzindo os impactos da mudança do clima.

Evidências científicas relevantes, associadas a investimentos robustos e de longo prazo, são necessárias para mudar a lógica econômica atual e criar um ambiente propício para a atração de recursos financeiros e o desenvolvimento da sustentabilidade nacional.

Para contribuir com as políticas públicas voltadas ao desenvolvimento da sustentabilidade nacional, o aprimoramento e o avanço da ciência e tecnologia produzidas pelo Programa LBA são fundamentais.

Primeiro, por tratar do bioma mais extenso do Brasil, de importância global e com visibilidade internacional. Segundo, por ser um Programa que há 25 anos produz ciência de ponta, monitoramento ambiental contínuo e formação de pessoal altamente capacitado para lidar com a complexidade dos temas envolvidos no funcionamento da Amazônia.

Desde 1998, quando lançou seu primeiro Plano Científico Fase 1, o LBA avançou em questões científicas básicas, associadas a algumas disciplinas críticas, para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas amazônicos, incluindo o clima, a dinâmica do carbono, a biogeoquímica e química atmosférica, a hidrologia e química da água, e as mudanças de uso e cobertura da terra.

Durante sua execução, notou-se a necessidade de entender as dimensões humanas nos processos de mudanças ambientais na Amazônia. Assim, em 2007, no Plano Científico LBA Fase 2, foram estabelecidos três focos integradores de pesquisa: incluindo o ambiente amazônico em mudança; a sustentabilidade dos serviços ambientais e dos sistemas de produção terrestres e aquáticos; e a variabilidade das mudanças climáticas e hidrológicas e seus mecanismos de retroalimentação, adaptação e mitigação.

Na Fase 3, com o fortalecimento das diretrizes nacionais e acordos internacionais visando à estabilidade climática, e à manutenção e à restauração das funções dos ambientes naturais para garantir o provimento de serviços ecossistêmicos essenciais, o Programa LBA atualiza sua visão científica de futuro. Isso permitirá que a ciência nacional, por meio das pesquisas sobre problemas emergentes e urgentes no contexto da sustentabilidade amazônica, forma-

lize o conhecimento das causas e consequências internas e externas ao bioma da interação entre ambiente-clima-sociedade. A partir desse conhecimento, serão produzidas informações e metodolo-

gias que contribuirão para tomada de decisão em relação à solução ou mitigação dos impactos, além de apoiar apoiem estratégias de adaptação aos problemas identificados.

Diante desta demanda, o Programa LBA focou em três estratégias para adequar-se às atuais necessidades científicas para a Amazônia e sua inserção nacional e internacional:

1

PRODUÇÃO DE UM NOVO PLANO CIENTÍFICO

Adequado para os desafios da Agenda 2030 da ONU

2

PRIORIZAÇÃO DE PESQUISAS TRANSDISCIPLINARES

Para solucionar problemas ligados a modelos de sustentabilidade. Isso consolida o progresso incremental da multidisciplinaridade da Fase 1, com abordagens independentes, e da interdisciplinaridade da Fase 2, que promoveu a integração das disciplinas

3

CODESENVOLVIMENTO DAS TEMÁTICAS ORIENTADORAS

Essencial para identificar as prioridades de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e necessidade de inovação, em conjunto com as universidades, a sociedade civil e os setores público e privado

Essas estratégias conduziram à elaboração do Plano Científico Fase 3 do LBA. A produção considerou as experiências do Comitê Científico, de cientistas renomados de diversas áreas do conhecimento, e também os resultados de oficinas de inteligência coletiva com mais de 500 especialistas e representantes de ICTs, universidades, setor produtivo, governo e sociedade civil organizadas. Essas atividades foram fundamentais para a prospecção das prioridades científicas abordadas pelo Programa LBA, no contexto da sustentabilidade da Amazônia e seu papel no âmbito nacional e internacional.

FASE 3 - OBJETIVO

Manter a contribuição científica para o entendimento do funcionamento da Amazônia como uma entidade natural e suas transformações, que são eixos fundamentais do Programa desde sua criação. Além disso, integrar esse conhecimento básico com as demandas nacionais para o desenvolvimento socioeconômico da região, alinhando-se aos ODS.



LBA 25 ANOS E O CONTEXTO ATUAL

OLBA iniciou suas atividades em 1998, na Fase 1, como parte de uma cooperação científica internacional liderada pelo Brasil, com a participação dos Estados Unidos, que financiou parte das atividades e infraestrutura de pesquisa por meio, por meio de projetos associados à Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) e à União Europeia. Em 2006, a NASA transferiu toda infraestrutura de pesquisa para o INPA, e o financiamento do projeto foi incorporado ao MCTI e o Plano Científico Fase 2 foi lançado, em 2007.

Nesses 25 anos, o LBA avançou no conhecimento e no funcionamento do bioma Amazônia. Suas pesquisas consolidaram o entendimento das interações biosfera-atmosfera, demonstrando a produção de compostos orgânicos voláteis biogênicos pelas florestas amazônicas (Jardine & Jardine, 2016), quantificando processos hidrológicos e o balanço energético da região (Coe et al., 2016), além do balanço de carbono e suas trocas entre o ecossistema e a atmosfera, em ambientes aquáticos e terrestres (Grace 2016; Gloor 2016; Melack 2016; Araújo et al., 2016). Detalhamentos sobre os estoques de carbono na região central da Amazônia também foram realizados (Higuchi et al., 2016).

Todos os processos avaliados estão expostos às variações ambientais e às mudanças climáticas globais. Portanto, entender os padrões de eventos climáticos extremos (Marengo et al., 2016) tornou-se um tema central para avaliar as respostas desses ecossistemas às alterações ambientais.

Estudos de longo prazo quantificaram as mudanças na biomassa e na dinâmica florestal e suas respostas a essas variações (Phillips et al., 2016), assim como os padrões dos ciclos biogeoquímicos nos principais ecossistemas amazônicos (Buscardo et al., 2016) e as interações solo-vegetação (Quesada & Lloyd, 2016). Os estudos do LBA também avaliaram o balanço de carbono da vegetação em um clima em mudança (Kruijt et al., 2016) e os efeitos de longa duração da seca sobre a floresta (Rowland et al., 2015; Meir et al., 2018).

A Amazônia, contudo, está cada vez mais exposta às pressões antrópicas, que se intensificam e podem causar transformações irreversíveis no funcionamento amazônico (Davidson et al., 2012). En-

tender os processos biofísicos integrados às ações e necessidades da sociedade é crucial para estabelecer trajetórias viáveis para a sustentabilidade na região.

Nas últimas décadas, o modelo econômico de desenvolvimento global incentivou o consumo crescente de combustíveis fósseis e ações antrópicas predatórias sobre os ambientes naturais, intensificando as mudanças climáticas induzidas pelas emissões de GEE. Essas emissões resultaram em uma taxa crescente de aquecimento global sem precedentes.

Cerca de 50% das emissões brasileiras estão associadas à mudança do uso da terra e à silvicultura. Os maiores emissores brasileiros, em 2021, estão localizados nos estados da Amazônia Legal, que contribuem com 52% das emissões brutas nacionais (SEEG, 2022). Contudo, participam com apenas 10% no produto interno bruto nacional (PIB, Sistema de Contas Públicas, IBGE, 2020).

Neste cenário, mais de 50% das emissões de gás carbônico (CO₂) do país podem ser rapidamente reduzidas com a implementação de políticas públicas eficientes para conter o desmatamento e a degradação florestal na Amazônia e também com mecanismos para preservar e ampliar os sumidouros de carbono nos ecossistemas amazônicos.

O efeito antrópico na dinâmica do fogo na Amazônia tende a intensificar os efeitos climáticos na ocorrência e intensidade deste processo (Aragão et al., 2016). Os padrões de fogo têm sido alterados devido às mudanças no uso da terra que, nos últimos 50 anos, vêm progressivamente modificando a paisagem (Ometto et al., 2016), reduzindo seus estoques de carbono e alterando seus fluxos (Fearnside, 2016).

Entender esses impactos é prioritário para a gestão sustentável da região, requerendo um portfólio eficiente de políticas públicas capazes de estabelecer diretrizes que garantam o pleno funcionamento dos ecossistemas amazônicos. Neste contexto, utilizar a atual configuração da paisagem, com seus fragmentos, como um laboratório para entender a vulnerabilidade da Amazônia às mudanças globais torna-se essencial para propor caminhos de longo prazo (Laurance et al., 2016).

O conhecimento gerado e os recursos humanos formados pelo LBA nesses últimos 25 anos permitiram um entendimento de processos fundamentais e dos impactos causados pela ação humana e pelas mudanças climáticas nesta região.

A trajetória científica de sucesso do Programa LBA está consolidada em cerca de 2.495 publicações em periódicos especializados como a revista científica *Nature e Science* (Anexo A sobre algumas produções científica). Além de 11 livros, 126 capítulos de livros publicados e mais de 250 artigos em edições especiais de revistas nacionais e internacionais dedicadas ao LBA.

Durante a construção desta base científica, foi

também formado um novo contingente de cerca de 500 doutores e 600 mestres. Cursos acadêmicos foram criados ou fortalecidos. Mais de 5 mil pessoas foram treinadas nesse tempo de atuação do LBA. Estabeleceram-se 49 cooperações com instituições nacionais de 13 estados e mais 62 cooperações internacionais com 9 países, entre eles o projeto germano-brasileiro do Observatório da Torre Alta da Amazônia (ATTO).

Os resultados obtidos até o momento permitem uma reflexão sobre como abordar as três temáticas norteadoras nos próximos anos. Abaixo o conjunto de diretrizes que norteiam as temáticas da Fase 3.

FASE 3 - DIRETRIZES DOS TEMAS DE PESQUISA

- 1 DESENVOLVER A PESQUISA BÁSICA**
 para estabelecer as linhas de base do funcionamento dos ecossistemas amazônicos em suas componentes ambientais, sociais e econômicos
- 2 DESENVOLVER A PESQUISA EM CONSONÂNCIA COM OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**
 provendo subsídios para a implementação de políticas públicas que permitam a conservação dos recursos, a recuperação de áreas degradadas e desflorestadas, a restauração do funcionamento ecossistêmico e a catalização do desenvolvimento socioeconômico da região
- 3 REFORÇAR A INFRAESTRUTURA PERMANENTE PARA PESQUISA DE LONGO PRAZO**
 atuando continuamente na manutenção, na expansão da coleta de dados de campo e no monitoramento contínuo dos fluxos biosfera-atmosfera nas torres de fluxo, identificando lacunas no monitoramento, como algumas fitofisnomias florestais, ecossistemas aquáticos e antromas amazônicos
- 4 INTENSIFICAR O USO DE TECNOLOGIAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO,**
 integradas aos dados *in situ*, como requisitos para apoiar um planejamento territorial consistente e impulsionar a região em direção a um desenvolvimento sustentável de baixo carbono, com alta biodiversidade e socioeconomia segura
- 5 ATUAR NA MODERNIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO**
 para coleta, transmissão, processamento, armazenamento e disseminação de dados para a sociedade
- 6 INTENSIFICAR A FORMAÇÃO DE PESSOAL ALTAMENTE QUALIFICADO EM CT&I NA AMAZÔNIA**
- 7 GARANTIR A AMPLA DIVULGAÇÃO DAS AÇÕES E OPORTUNIDADES GERADAS PELO LBA**
 para a comunidade acadêmica e a disseminação dos resultados para a sociedade de forma rápida, simples e cientificamente robusta

Com um ritmo consolidado de produção científica, infraestrutura em operação e novos desafios técnicos e científicos impostos pelo paradigma do desenvolvimento sustentável, a Fase 3 do LBA

alinha o plano científico com as necessidades nacionais e internacionais da pesquisa científica, com uma perspectiva até 2030.

Diante das metas estabelecidas, a Fase 3 do Programa LBA promoverá a integração de três temáticas orientadoras:



1. A Amazônia como um ambiente tropical natural

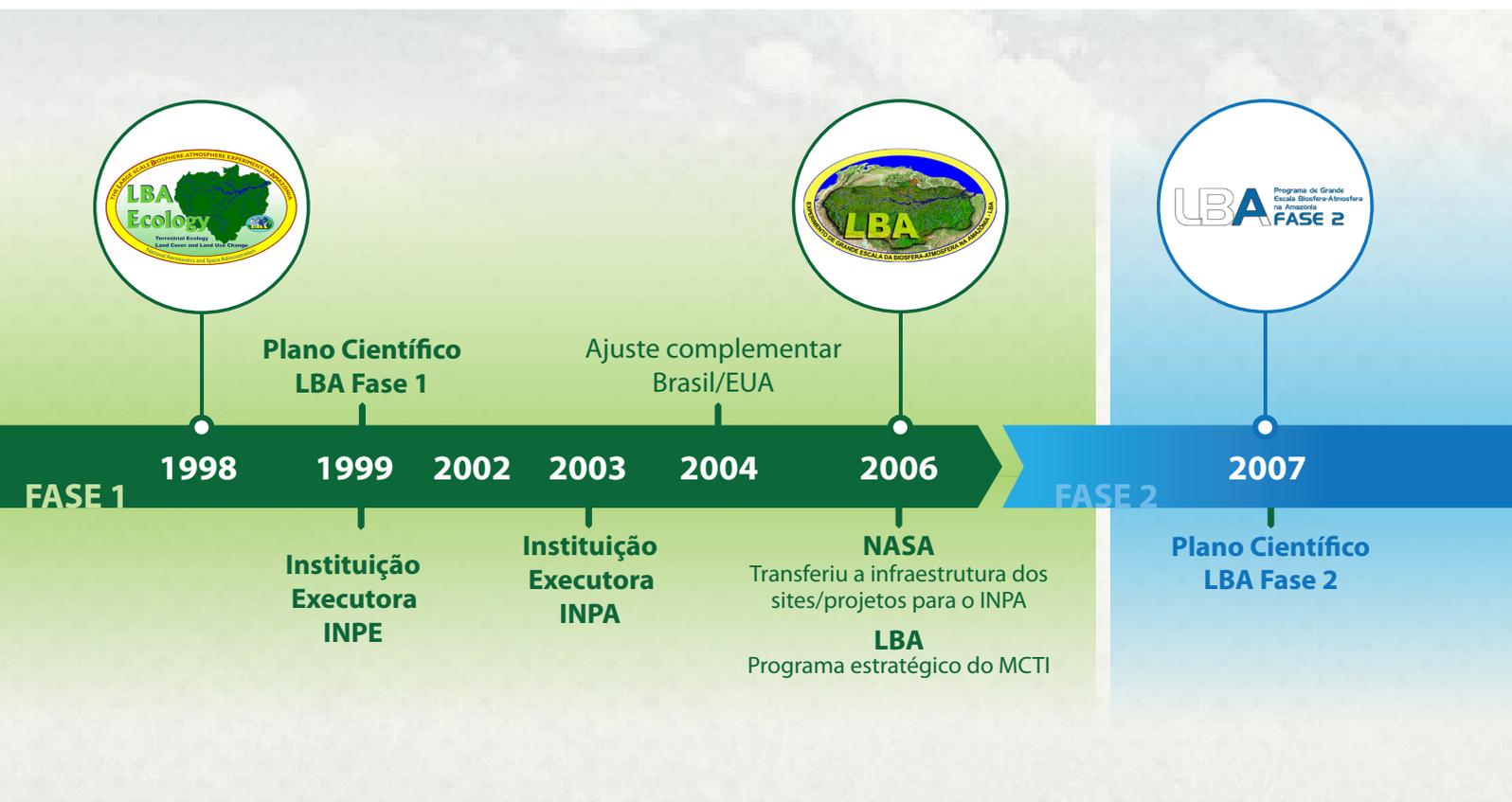


FIGURA 2. Linha do tempo do Programa LBA com seus principais marcos.

Para auxiliar nessas tarefas, o Programa LBA torna-se fundamental para fornecer as bases científicas para alternativas de gestão, apoiando a miti-

gação das mudanças climáticas e subsidiando uma sólida transformação da trajetória de desenvolvimento regional e nacional.



2. O ambiente amazônico em transformação



3. Gestão sustentável da Amazônia: desafios e oportunidades



REDE DE TORRES DE MONITORAMENTO DO PROGRAMA LBA: UMA JANELA PARA O CLIMA DA AMAZÔNIA

A Rede de Torres de Observações Micrometeorológicas do Programa LBA, implementada no final da década de 1990, monitora continuamente as complexas relações entre a vegetação, a atmosfera, os biomas e os diversos tipos de uso do solo, por meio das medições dos fluxos de carbono, energia, vapor d' água, gases traço, entre outras. Nesta época, os primeiros sítios de pesquisa foram instalados em áreas de florestas e pastagens no estado de Rondônia e em florestas nos estados do Amazonas e Pará.

Ao longo dos anos 2000, buscando contribuir ainda mais para compreensão do funcionamento do trinômio clima-solo-planta nos ecossistemas amazônicos e suas interações antrópicas, diversas torres foram instaladas predominantemente em ecossistemas florestais nos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal. A Rede de Torres do Programa LBA é um exemplo de infraestrutura científica de longo prazo que oferece dados de alta qualidade para a comunidade científica nacional e internacional. Seus resultados contribuíram ao longo dos anos no desenvolvimento de estratégias mais eficazes para a conservação da maior floresta tropical do mundo.

Atualmente, a rede é composta por 21 torres instaladas nos estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia. Essa infraestrutura de pesquisa de ponta possibilita a criação de série temporais que nos permite monitorar um conjunto abrangente de variáveis ambientais, incluindo temperatura e umidade do ar em vários níveis acima da superfície, radiação solar, perfil de temperatura, umidade e fluxos de calor no solo, medidas da respiração do solo (importante para avaliar as trocas de gás carbônico em condições de pouca turbulência), concentração dos gases de efeito estufa (GEE), como dióxido de carbono (CO_2), ozônio (O_3) e metano (CH_4). Adicionalmente, a técnica de covariância de vórtices turbulentos (EC, *Eddy covariance*, sigla em inglês) é empregada na rede de torres, permitindo obter medições precisas e de alta frequência dos fluxos de gases e calor entre a superfície terrestre e a atmosfera, possibilitando estimativas da produtividade primária líquida (NPP, *Net Primary Productivity*, sigla em inglês), taxas de evapotranspiração

e demais componentes dos balanços de energia, carbono e água.

Os resultados obtidos pelo Programa LBA são fundamentais para o avanço do conhecimento científico sobre a Amazônia e os diferentes tipos de vegetação e uso do solo, e como esses fatores influenciam no clima regional e global. A mais de duas décadas de séries temporais geradas pela rede de torres do LBA constituem um banco de informações singular para a comunidade científica, que possibilita validar os avanços do desenvolvimento de modelos climatológicos do sistema terrestre, que detalham melhor os processos biofísicos e biogeoquímicos.

Aplicações práticas e impacto científico:

Ciclos biogeoquímicos: Os dados viabilizam estudos detalhados sobre os fluxos de água, energia e carbono entre a floresta e a atmosfera, permitindo quantificar a capacidade da Amazônia de absorver e armazenar carbono.

Impactos das mudanças climáticas: A rede permite analisar como a floresta responde a eventos climáticos extremos, como secas e períodos de chuvas intensas, e prever como irá se comportar diante de cenários futuros de aquecimento global.

Mudanças no uso da terra: Os dados auxiliam a avaliação dos impactos do desmatamento e outras alterações no uso da terra sobre os ciclos hidrológicos e os estoques de carbono da floresta.

Modelos climáticos globais: As informações geradas pela rede contribuem para aprimorar os modelos climáticos do IPCC, fornecendo subsídios para a tomada de decisões em políticas climáticas.

Para ilustrar a eficiência e a utilização dos dados emitidos pela Rede de Torres, durante o período de menor precipitação, porção das florestas da Amazônia localizada próxima do Equador aumentam a fotossíntese e evapotranspiração, influenciadas pelo aumento da radiação disponível nesse período e pela emissão de folhas novas com maior capacidade fotossintética. Diferentemente do comportamento das florestas localizadas no sul da Amazônia, onde há redução na fotossíntese e na

evapotranspiração devido ao período mais prolongado de menor precipitação e à consequente diminuição da quantidade de folhas, um mecanismo de resposta fisiológica ao déficit hídrico.

Embora em constante expansão, a Rede de Torres do LBA, ainda não garante cobertura completa e uniforme em termos de cobertura espacial. Contudo, ela representa um recurso único e valioso para a pesquisa nos âmbitos ambientais e climáticos. Outrossim, diante da intensificação dos eventos climáticos extremos e da crescente pressão sobre

os recursos naturais, os dados de longa duração coletados por essa rede permitem identificar tendências e padrões a longo prazo, essenciais para compreender as mudanças em curso e projetar cenários futuros. A continuidade e o fortalecimento da Rede de Torres do Programa LBA se mostram cruciais. Os dados gerados por essa rede fornecem informações indispensáveis para a formulação de políticas públicas eficazes para a conservação da floresta e o enfrentamento das mudanças climáticas.

REDE DE TORRES

Nome	Identificação	Sítio de pesquisa	Local/Estado	Tipo Vegetação
Torre Micromet. do K34	K34	Reserva Biológica do Cuieiras (ZF2/EEST/INPA)	Manaus/AM	Floresta primária
B34	B34	Reserva Biológica do Cuieiras (ZF2/EEST/INPA)	Manaus/AM	Floresta primária
ATTO Walk-up	WT	Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã (RDS do Uatumã)	São Sebastião do Uatumã/AM	Floresta primária
ATTO Campina Tower	CAM	Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã (RDS do Uatumã)	São Sebastião do Uatumã/AM	Campina
ATTO High Tower	TT	Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã (RDS do Uatumã)	São Sebastião do Uatumã/AM	Floresta primária
Micromet. em Baía das Pedras (BPE)	BPE	Patrimônio Natural SESC Pantanal	Poconé/MT	Pantanal
Micromet. da Fazenda Nossa Senhora do Carmo	FNCS	Fazenda Nossa Senhora do Carmo	Poconé/MT	Pastagem
Fazenda Arco-Íris	FAI	Fazenda Arco-Íris	Barra do Bugres/MT	Cerrado
Projeto ESECAFLOR (Caxiuanã)	EFL	Floresta Nacional de Caxiuanã (Flona Caxiuanã)	Melgaço/PA	Floresta primária
Micromet. de Caxiuanã	CAX	Floresta Nacional de Caxiuanã (Flona Caxiuanã)	Melgaço/PA	Floresta primária
Micromet. de Moju	MOJ	Marborges Agroindústria S.A	Moju/PA	Monocultivo de palma de óleo
Micromet. de Tomé Açú	TMA	Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açú (CAMTA)	Tomé-Açú/PA	Sistema Agroflorestal de plantio de dendê
Micromet. do K67	K67	Floresta Nacional do Tapajós	Belterra/PA	Floresta primária
Micromet. Baixo	-	Floresta Nacional do Tapajós	Belterra /PA	Floresta primária
Micromet. próxima ao Rio Cupari	CUP	Floresta Nacional do Tapajós	Belterra/PA	Floresta primária
Micromet. da Fazenda Nossa Senhora	FNS	Fazenda Nossa Senhora	Ouro Preto do Oeste/RO	Pastagem
Micromet. da REBIO Jarú	RBJ	Reserva Biológica do Jarú	Ji-Paraná/RO	Floresta primária
Ducke Platô	DUKP	Reserva Florestal Adolpho Ducke	Manaus/AM	Floresta primária platô
Ducke Baixo	DUKB	Reserva Florestal Adolpho Ducke	Manaus/AM	Floresta primária baixo
BR319	BR319	Interflúvio Purus-Madeira	BR-319/AM-RO	Floresta primária lençol freático próximo à superfície
Várzea Tower	MAM	Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá (RDS Mamirauá)	Tefé/AM	Floresta da várzea

PROJETOS ASSOCIADOS AO PROGRAMA LBA

1 AFEX - Experimento de Fertilização na Amazônia

Efeitos da fertilidade do solo no ciclo do carbono das florestas tropicais: um novo experimento de manipulação da fertilidade do solo na Amazônia

Representa o primeiro experimento de fertilização de grande escala na Amazônia. Este experimento quantifica os efeitos da disponibilidade nutricional sobre a dinâmica do carbono para garantir uma maior compreensão dos processos ecossistêmicos para sua representação em modelos ecossistêmicos. É fundamental para compreender a função da floresta tropical e sua resposta às mudanças na disponibilidade de nutrientes no solo.

Instituições

INPA, Universidade de Exeter/Reino Unido

Locais de Pesquisa

Reserva Florestal ZF3 - Manaus/AM

Área temática



Saiba mais

<https://amazonfertilisationexperiment.wordpress.com/about/>

Vigência

2014-2025



2 ATTO - Observatório da Torre Alta na Amazônia

O Projeto ATTO tem objetivo de investigar a longo prazo os impactos das mudanças climáticas globais nas florestas de terra firme da Amazônia por meio de medidas da interação da floresta com a atmosfera, além de realizar pesquisas inéditas da química da atmosfera (trocas gasosas, reações químicas e aerossóis), processos de transporte de massa e energia na camada limite atmosférica e processos de formação e desenvolvimento de nuvens.

Instituições

INPA, Instituto Max Planck de Química/Alemanha

Local de Pesquisa

Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã (RDS Uatumã) - São Sebastião do Uatumã/AM

Área temática



Saiba mais

<https://www.attoproject.org/pt/>

Vigência

2018 - 2028



3 Avaliação de uma tecnologia social que promove água potável para ribeirinhos na região insular de Belém

O projeto trabalha com o Sistema de Captação de Água da Chuva (SCAC), desenvolvido pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). O SCAC é eficaz e eficiente para comunidades ribeirinhas. Ele oferece um sistema descentralizado de baixo custo e de fácil replicação, proporcionando água potável para consumo humano. O projeto também analisa parâmetros de potabilidade da água e avalia as melhorias socioeconômicas nas comunidades beneficiadas pelas tecnologias.

Instituição

UFRA

Local de Pesquisa

Belém (PA)

Vigência

2022 - 2028

Área temática



Gestão sustentável da Amazônia: desafios e oportunidades



4 Dinâmica de Trocas Líquidas de CO₂ (NEE), CH₄, Evapotranspiração e de Energia no Pantanal mato-grossense

As pesquisas desenvolvidas no âmbito do Programa de Pós-Graduação de Física do Clima da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) se concentram no monitoramento das trocas de massa e energia em ecossistemas (naturais e alterados) do Cerrado e Pantanal, utilizando diferentes metodologias micrometeorológicas. Essas medições permitem avaliar o impacto das mudanças no uso do solo sobre as densidades de fluxo de energia e matéria. Além disso, quantifica a produtividade primária para identificar fontes e drenos do dióxido de carbono, bem como mecanismos que influenciam nos fluxos desse gás no ecossistema e analisa as condições químicas da atmosfera em termos de aerossóis e GEE.

Instituição

UFMT

Local de Pesquisa

Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), Parque Sesc Baía das Pedras - Poconé/MT

Área temática



A Amazônia como um ambiente tropical natural

Vigência

2018 - 2028



5 ECOHYDROMICS

Ecohidrologia em cascata no sistema cabeceira dos riachos da Amazônia

Pesquisa os mecanismos pouco estudados de processos independentes e acoplados de vegetação-hidrologia em paisagens tropicais úmidas e suas respostas às mudanças climáticas. O objetivo é entender como as interações complexas entre vegetação e clima moldam os fluxos do ecossistema ao longo de uma cascata de cabeceiras. Os estudos estão concentrados na composição e ecofisiologia das florestas sobre lençóis freáticos rasos, que ocupam aproximadamente um terço da bacia amazônica. Além disso, o projeto desenvolve e valida novos modelos para cada componente e para sistemas integrados de bacias hidrográficas. Esses esforços contribuem para estudos em ecologia, ciência do ecossistema e hidrologia, especialmente, na zona vadosa (acima do lençol freático) e em águas subterrâneas.

Instituições

UFAM, Universidade de Michigan/EUA

Locais de pesquisa

Sítio experimental ZF2 - Manaus/AM
Floresta Nacional do Tapajós - Oeste do PA

Área temática



A Amazônia como um ambiente tropical natural

Vigência

2023-2025



6 Emissão de gases de efeito estufa na Amazônia e sistema de análise de dados e serviços

Mudanças no uso da terra, especialmente provenientes do desmatamento, são as responsáveis pelas maiores emissões de gases de efeito estufa (GEE) do Brasil. Temperatura, radiação solar, cobertura de nuvens, vapor d'água, mudanças no uso da terra (especialmente provenientes do desmatamento), meteorologia em larga escala e os impactos humanos são alguns dos responsáveis pelas mudanças dos fluxos de GEE na Amazônia. O projeto quantifica o uso e as mudanças no uso da terra e sumidouros de GEE na Amazônia, bem como os drivers que controlam o balanço de carbono, com foco no gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄).

Instituições
IF/USP

Local de Pesquisa
Amazônia

Área temática



A Amazônia como um ambiente tropical natural

Vigência
2021-2025



7 ESECAFLOR - Estudo da seca da floresta

Este projeto investiga as alterações na dinâmica do ciclo de carbono em uma floresta tropical chuvosa na Amazônia Brasileira e suas respostas a uma condição de redução da precipitação e umidade do solo induzida artificialmente a longo prazo. O ESECAFLOR é composto por duas parcelas de um hectare cada, delimitadas por trincheiras cavadas com profundidades variando de 50 a 150 cm. A parcela A é usada como testemunha para os experimentos realizados na parcela B, onde é feita a exclusão de aproximadamente de 50% da água da chuva através de uma estrutura composta em torno de seis mil painéis plásticos.

Instituições

UFPA, Universidade de Edimburgo/Reino Unido

Vigência

2005-2028

Local de Pesquisa

Floresta Nacional de Caxiuanã - Melgaço/PA

Saiba mais

<https://www.esecaflo.ufpa.br/>

Área temática



A Amazônia como um ambiente tropical natural



8 Impactos de eventos extremos de seca nos fluxos de CO₂ e energia em ecossistema florestal e agrícola no leste da Amazônia

O objetivo do projeto é estimar os fluxos de superfície (H, LE e Fc) entre dois tipos de cobertura (área agrícola antrópica e vegetação natural) e uso da terra (cultura permanente e área florestal). Além disso, o projeto realizará avaliações das correlações entre as variações diárias e sazonais desses fluxos e variáveis físicas e bióticas obtidas tanto na superfície quanto no solo. Para isso, são utilizadas duas torres de observação micrometeorológicas localizadas no leste da Amazônia.

Instituição

Embrapa Oriental

Área temática



O ambiente amazônico em transformação



Gestão sustentável da Amazônia: desafios e oportunidades

Vigência

2020 - 2028



9 Indicadores de serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais com dendê na Amazônia oriental

O projeto utiliza o plantio de dendê em sistemas agroflorestais, denominado SAF-Dendê, no âmbito da agricultura familiar de Tomé-Açu para estudos e medições tanto da parte aérea quanto do solo. O projeto está na terceira fase, onde são realizadas medidas relacionadas à biologia do solo, ciclagem de nutrientes (com foco em nitrogênio e fósforo), água do solo e caracterização da micrometeorologia. E a continuação das medidas feitas na primeira fase: medições de estoques e fluxos de carbono, produtividade primária líquida, efluxo de gás carbônico (CO₂) do solo, variação de atributos do solo em função das zonas de manejo. O conjunto de dados e conhecimentos adquiridos contribuirão para refinar o desenho e o arranjo de espécies e o manejo do SAF-Dendê e subsidiar estratégias de expansão dos sistemas agroflorestais com dendê, incluindo em áreas alteradas e/ou degradadas.

Instituição

Embrapa Oriental

Local de Pesquisa

Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA) - Tomé-Açu/PA

Vigência

2021-2028

Áreas temática



O ambiente amazônico em transformação



Gestão sustentável da Amazônia: desafios e oportunidades



10 Influência dos processos hidrodinâmicos sobre as trocas de carbono e nitrogênio no sistema estuarino do rio Pará

O projeto analisa os processos biogeoquímico e hidrodinâmico em um dos principais e pouco explorados estuários (área costeira onde a água doce dos rios se mistura com a água salgada do mar), o rio Pará, localizado na região amazônica. A hidrodinâmica é feita utilizando modelagem numérica computacional, realizada com apoio da plataforma do Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental (SisBaHiA) - plataforma tecnológica utilizada para modelar e entender processos hidrodinâmicos e ambientais. São avaliados a influência dos padrões hidrodinâmicos, biogeoquímicos e a exportação do carbono e nitrogênio nas frações particuladas, dissolvidas e gasosas do estuário do rio Pará. Esses estudos podem estimar o quanto a rede hidrográfica amazônica contribui, em termos globais, com os fluxos de carbono para o delta amazônico e a capacidade de evasão de gases para a atmosfera.

Instituições

UFRA

Local de Pesquisa

Belém (PA)

Vigência

2022-2028

Área temática



A Amazônia como um ambiente tropical natural



O ambiente amazônico em transformação



11 METHANE**Árvores como condutos para conectar processos microbianos subterrâneos às emissões de metano acima do solo na interface aquático-terrestre**

Os estudos têm a finalidade de aprimorar a compreensão e a modelagem em nível de processos do ciclo biogeoquímico do metano (CH₄) em áreas tropicais, com foco em duas questões urgentes: Quais são os controles das emissões de metano das florestas de planície inundável sazonalmente alagadas (várzea)? E como a variação no transporte de gases pelo tronco das árvores (entre as estações e entre as florestas de planície inundável versus florestas de terra firme) mede a emissão total de CH₄ e a divisão dessas emissões entre diferentes vias de transporte e processos de produção/consumo? O metano atmosférico é globalmente a segunda causa do aquecimento global. Os sistemas tropicais estão entre as maiores fontes de CH₄ entre os sistemas naturais do planeta. As florestas de planície inundável sazonal da bacia amazônica são a maior fonte de CH₄ do que todo o Ártico.

Instituições

UFOPA, Universidade do Arizona(EUA)

Locais de Pesquisa

Floresta Nacional do Tapajós - Santarém/PA

Área temática**A Amazônia como um ambiente tropical natural****Vigência**

2023-2025

**12 Monitoramento dos fluxos de massa e energia em Cerrado Stricto Sensu em Mato Grosso**

Sensores instalados em torres de fluxo em uma área de Cerrado coletam dados sobre esses processos ao longo do tempo, combinando-os com imagens de satélite e modelos computacionais avançados. Dessa forma, o Grupo de Pesquisa Interação Biosfera-Atmosfera (GPIBA) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) espera ampliar o banco de dados sobre o Cerrado com informações micrometeorológicas e produtos derivados de sensoriamento remoto; desenvolver modelos mais precisos para estimar o balanço de energia, evapotranspiração e produtividade primária bruta; compreender como esses processos variam no tempo e no espaço nessa área específica; e criar modelos de aprendizado de máquina para analisar tendências, fazer previsões e preencher dados faltantes.

Instituição

UFMT

Local de Pesquisa

Fazenda Arco-Íris - Barra do Bugres/MT

Vigência

2020 - 2028

Área temática**A Amazônia como um ambiente tropical natural****O ambiente amazônico em transformação**

13 NANORAD's

Aplicações da nanobiotecnologia para recuperar áreas degradadas na Amazônia: Uma experiência florestal de pesquisa, ensino e extensão

O projeto investiga o efeito da arbolina, biofertilizante à base de nanopartículas de carbono, na produtividade primária e características ecofisiológicas da castanheira, além de avaliar a viabilidade econômica de diferentes sistemas de plantios em áreas degradadas na Amazônia. O objetivo é entender como a arbolina influencia o crescimento das árvores e avaliar a sustentabilidade da tecnologia, incluindo seu potencial para projetos de créditos de carbono. A biotecnologia e a nanotecnologia são empregadas para ajudar as árvores a superar estresses e melhorar o crescimento. São feitos plantios florestais de espécies nativas selecionadas a partir do grau de plasticidade e características fisiológicas que permitam o sucesso em diferentes sistemas de plantios em áreas degradadas. Os sistemas de plantio testados incluem plantios puros, mistos e agroflorestais, com e sem aplicação de arbolina. O projeto também pretende criar um banco de dados sobre indicadores de solo e características ecofisiológicas de espécies nativas, além de fornecer tecnologias para a recuperação de áreas degradadas e diferentes níveis de aplicação de insumos.

Instituições

INPA, UFAC, IFRO IFAM, IFAP, UFMT, UFT, UNIFESSPA, UERR, UFV, Embrapa e as empresas Shell e Krilltech

Locais de pesquisa

Amazônia Legal Brasileira

Área temática



Gestão sustentável da Amazônia: desafios e oportunidades

Vigência

2022 - 2025

Saiba mais

<https://www.shell.com.br/energia-e-inovacao/pesquisa-e-desenvolvimento/nanorads.html>



14 Ngee Tropics - Próxima Geração de Experimentos em Ecossistemas Pantropicais

O projeto investiga se as florestas tropicais atuarão como sumidouros ou fontes de emissão de carbono ao longo do século 21. O projeto foca a modelagem da dinâmica do ciclo do carbono, relacionando-o com outros ciclos biogeoquímicos como da água, atmosféricos e fluxos de energia. Os estudos irão abordar questões como: Qual é a resposta da floresta tropical frente às mudanças de temperatura, precipitação e concentração de CO₂ atmosférico? Como as mudanças no uso da terra podem impactar o ciclo do carbono, da água e dos fluxos de energia? E como essas respostas serão mediadas pela heterogeneidade espacial e temporal dos solos?

Instituição

INPA, Laboratório Nacional de Lawrence Berkeley/EUA

Local de Pesquisa

Estação Experimental de Manejo Florestal

Área temática



A Amazônia como um ambiente tropical natural

Vigência

2016-2026

Saiba mais

<https://ngee-tropics.lbl.gov/>



15 O Outro Lado da Seca

O projeto investiga a hipótese de que regiões com lençol freático superficial podem se beneficiar das secas devido à redução da anoxia (falta de oxigênio) no solo e à maior janela de crescimento para as árvores. Embora essas florestas cobrem 50% da bacia amazônica, pouco se sabe sobre o impacto da umidade reduzida no solo nessas áreas. Resultados recentes do projeto mostraram que, durante a estiagem, essas florestas apresentam maior crescimento e atuam como sumidouros de carbono. Solos encharcados são estressantes para árvores. Compreender a contribuição dessas florestas para o balanço de carbono da Amazônia é crucial, pois pode influenciar modelos, estimativas atuais e políticas de conservação e manejo.

Instituições

INPA, Universidade do Estado de Michigan/
EUA

Locais de Pesquisa

Reserva Adolfo Ducke - Manaus/AM e BR-
319/AM-RO

Área temática



O ambiente amazônico
em transformação

Vigência

2024-2024



16 Pegada de carbono e impactos da expansão da aquicultura na Amazônia

O projeto avalia a expansão da aquicultura e sua pegada de carbono em duas regiões amazônicas com a presença de indústrias emergentes. O estudo contribui para o desenvolvimento de sistemas rurais-urbanos resilientes e para a sustentabilidade, promovendo a produção de alimentos e a redução dos riscos climáticos. Os resultados ajudam a elaborar estratégias para minimizar os impactos ambientais na aquicultura, melhorar as práticas de manejo e equilibrar a produção de alimentos com a preservação dos serviços ecossistêmicos essenciais para a cultura e economia do Brasil.

Instituições

INPE, UNIR, Embrapa

Locais de Pesquisa

Ariquemes (RO) e Rio Preto da Eva (AM)

Vigência

2023-2025

Área temática



Gestão sustentável da Amazônia:
desafios e oportunidades



17 PERCEPTION - Sistema Perception para monitoramento via satélite de ativos estratégicos

O projeto estuda novas tecnologias e serviços baseados em satélites para a produção e monitoramento de ativos estratégicos (biomas brasileiros, veículos aéreos não tripulados, infraestrutura crítica, dentre outros), visando o desenvolvimento e a transição sustentável do setor produtivo brasileiro com foco no gerenciamento de recursos naturais e meio ambiente. O desenvolvimento de novos métodos e estruturas pode contribuir na tomada de decisão orientados a dados, integrados a um novo sistema de coleta de dados via satélite. O projeto fornece um novo sistema de tecnologia digital de informação e comunicação contemplando os atuais desafios e gargalos no uso e gerenciamento de dados de tecnologias espaciais como a falta de acessibilidade, padronização, qualidade e necessidades do usuário. Os dados coletados são da Torre K34 do LBA e por drones.

Instituição

UnB, UEA

Local de Pesquisa

Sítio experimental ZF2 -
Manaus/AM

Vigência

2023-2025

Saiba mais

[https://lodestar.aerospace.unb.
br/projects/perception](https://lodestar.aerospace.unb.br/projects/perception)

Área temática



A Amazônia como um
ambiente tropical natural



18 Pesquisas LBA/UNIR REBIO JARU e FNS

Compreende projetos desenvolvidos por discentes da graduação e da pós-graduação da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) voltados para a análise dos dados de monitoramento das torres instaladas em sítios experimentais equipados com torres micrometeorológicas, localizadas na Fazenda Nossa Senhora (FNS), em Ouro Preto do Oeste, e na Reserva Biológica do Jaru (Rebio-Jaru), em Ji-Paraná, ambas em Rondônia. As torres são mantidas pela UNIR e pelo Programa LBA.

Instituição

UNIR

Local de Pesquisa

Reserva Biológica do Jaru - Ji-Paraná/RO
Fazenda Nossa Senhora - Ouro Preto do Oeste/RO

Área temática



A Amazônia como um ambiente tropical natural

Vigência

2020-2028



19 Quais características das árvores tropicais melhor indicam vulnerabilidade às mudanças globais?

O projeto pesquisa a vulnerabilidade das árvores à seca e suas características químicas, além de experimentos com mudas para avaliar a mortalidade induzida por seca. Também avalia o efeito combinado mecanicista de múltiplos fatores que podem afetar ou potencializar a mortalidade de árvores tropicais, a partir de uma abordagem híbrida de métodos, que integram pesquisas de alta relevância envolvendo transdisciplinaridade (tolerância à seca, estratégias de defesa químicas e fitopatologia). Os resultados das pesquisas são importantes para orientar estratégias eficazes de manejo sustentável e conservação, além de prever e mitigar os efeitos das mudanças climáticas nos ecossistemas tropicais.

Instituição

UFOPA

Locais de Pesquisa

Santarém/PA, Belterra/PA

Vigência

2023-2026

Área temática



A Amazônia como um ambiente tropical natural



O ambiente amazônico em transformação



20 RAS - Rede Amazônia Sustentável

A RAS foi fundada em 2009, nascida da integração de vários projetos de pesquisa de grande escala. É uma rede internacional multidisciplinar de pesquisa e aprendizado sobre a sustentabilidade dos usos da terra, com estudos e monitoramento realizados em mais de 400 locais e propriedades agrícolas no estado do Pará. A RAS busca promover o diálogo entre cientistas e tomadores de decisão nas diferentes escalas governamentais (local, regional e federal). Essa ampla gama de informações ajuda a entender os impactos ecológicos e sociais em uma Amazônia em transformação.

Instituições

ESALq/USP
Embrapa Amazônia Oriental,
Universidade de Lancaster/Reino Unido
Instituto Ambiental de Estocolmo/Suécia
Universidade Metropolitana de Manchester/Reino Unido
Universidade de Oxford/Reino Unido

Local de Pesquisa

Santarém/PA e Belterra/PA

Vigência

2019-2029

Saiba mais

<https://ras-network.org/>



Área temática



O ambiente amazônico em transformação



Gestão sustentável da Amazônia: desafios e oportunidades

LABORATÓRIOS VINCULADOS AO PROGRAMA LBA

QUÍMICA AMBIENTAL 1 (LQ1)

Instituição: INPA

Local: Campus I - Manaus/AM

Áreas de atuação:

Climatologia, Hidrologia, Hidrogeologia Ambiental, Limnologia, Monitoramento ambiental, Biogeoquímica Ambiental, Ecologia, Química ambiental.

QUÍMICA AMBIENTAL 2 (LQ2)

Instituição: INPA

Local: Campus I - Manaus/AM

Áreas de atuação:

Hidrologia, Limnologia, Microbiologia ambiental

LIM - Laboratório de Instrumentação Micrometeorológica e Telemática

Instituição: INPA

Local: Campus II - Manaus/AM

Finalidade: Suporte a Rede de Torres do LBA com as atividades de preparação, instalação, integração, testes funcionais e calibração do conjunto de sensores eletrônicos e registradores. Adicionalmente, o LIM desenvolve projetos de implementação e manutenção do conjunto de equipamentos utilizados como parte dos sistemas de telemática de dados.

AMANÃ

Instituição: INPA

Local: Campus I - Manaus/AM

Finalidade: Monitoramento da microbacia hidrográfica do Igarapé Açu, nos aspectos físicos e químicos da água na atmosfera e seu comportamento no solo e cursos d'água em ambiente de floresta natural, executa o acompanhamento hidroclimático da Bacia Amazônica. Tendo como seus principais produtos o Boletim de Monitoramento Climático de Grande Bacias Hidrográficas e o Boletim de Precipitação da Microbacia do Igarapé Açu.

PROGRAMA DE PESQUISA PARCEIRO

Amazon FACE

Amazon Free-Air CO₂ Enrichment

Instituição: INPA, UNICAMP, Laboratório Nacional de Oak Ridge/EUA

Local de Pesquisa: Sítio experimental ZF2 - Manaus/AM

Saiba mais: <https://amazonface.unicamp.br/>

PRODUÇÕES CIENTÍFICAS PUBLICADAS EM REVISTAS ESPECIALIZADAS

O Programa LBA colabora no conhecimento científico sobre a região amazônica por meio da publicação de pesquisas em revistas científicas de grande impacto. As publicações resultantes desses estudos trazem contribuições relevantes sobre a região amazônica, enriquecendo o conhecimento científico e fornecendo dados essenciais para a formulação de políticas públicas e estratégias

de conservação para a região. Deste modo, o LBA desempenha um papel fundamental no avanço da compreensão das complexas interações entre biosfera-atmosfera e os ecossistemas do bioma Amazônia.

Abaixo, algumas produções científicas publicadas em revistas de maior impacto. Dados coletados em julho de 2024:

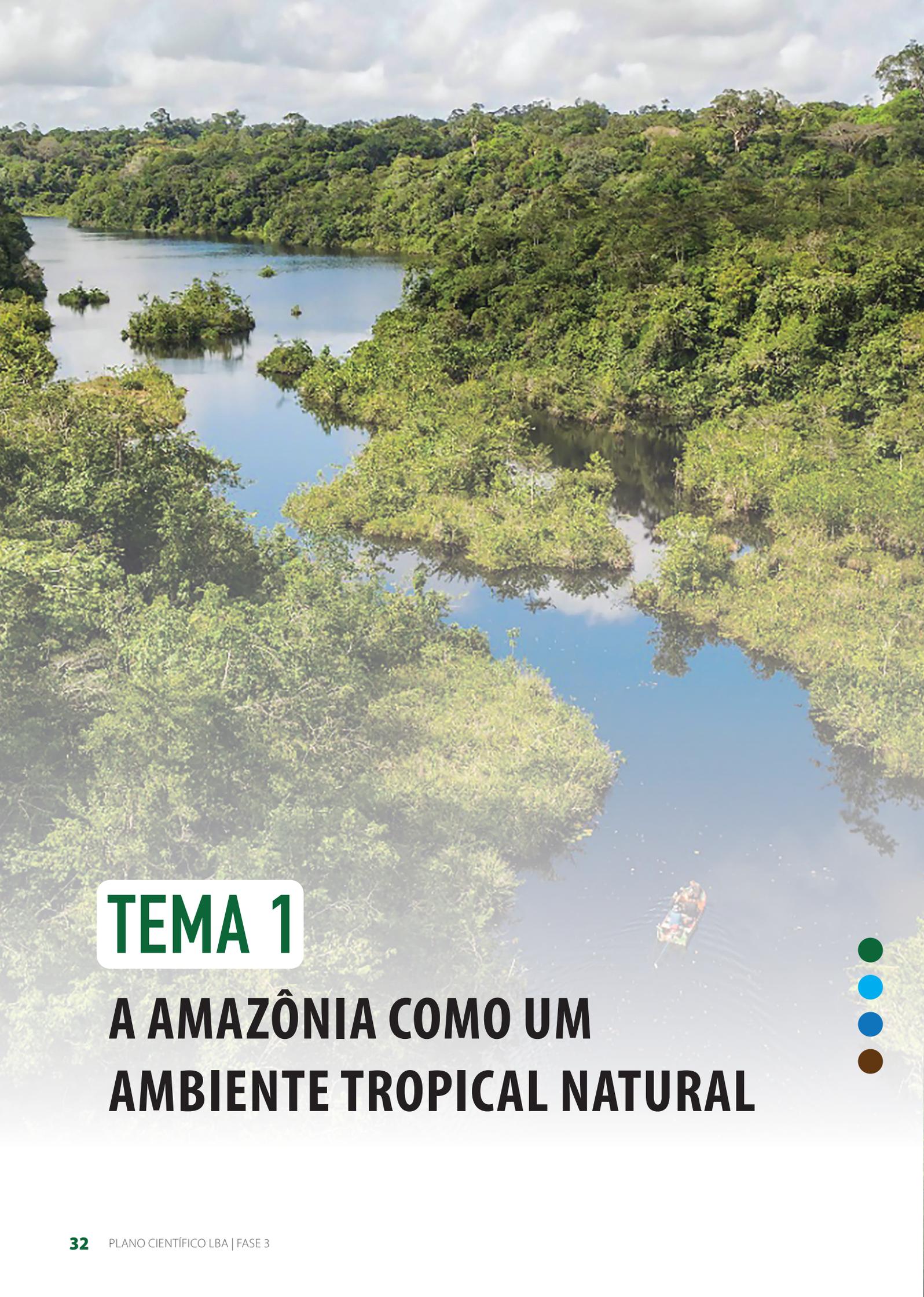
BARBOSA, C. G. G.; TAYLOR, P. E.; SÁ, M. O.; TEIXEIRA, P. R. et al. Identification and quantification of giant bioaerosol particles over the Amazon rainforest. *Climate and Atmospheric Science*, 5, n. 1, p. 73, 2022/09/16 2022.

BLICHNER, S. M.; YLI-JUUTI, T.; MIELONEN, T.; PÖHLKER, C. et al. Process-evaluation of forest aerosol-cloud-climate feedback shows clear evidence from observations and large uncertainty in models. *Nature Communications*, 15, n. 1, p. 969, 2024/02/07 2024.

BROEDEL, E.; VON RANDOW, C.; CUARTAS, L. A.; SATYAMURTY, P. et al. A comparison of the spatial heterogeneities of surface fluxes simulated by INLAND model with observations at a valley and a nearby plateau stations in Central Amazon Forest. *SN Applied Sciences*, 4, n. 6, p. 174, 2022/05/16 2022.

BRUM, M.; ALVES, L. F.; DE OLIVEIRA-JUNIOR, R. C.; MOUTINHO, V. H. P. et al. Tree hydrological niche acclimation through ontogeny in a seasonal Amazon forest. *Plant Ecology*, 224, n. 12, p. 1059-1073, 2023/12/01 2023.

- CARNEIRO, R. G.; BORGES, C. K.; SANTOS, C. A.; DE OLIVEIRA, G. et al. Energy balance closure and evapotranspiration hysteresis in central Amazon under contrasting conditions during the GoAmazon project in 2014 and 2015. *Journal of South American Earth Sciences*, 132, p. 104686, 2023/12/01/ 2023.
- CHEN, S.; STARK, S. C.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A. et al. Amazon forest biogeography predicts resilience and vulnerability to drought. *Nature*, 2024/06/19 2024.
- CUNHA, H. F. V.; ANDERSEN, K. M.; LUGLI, L. F.; SANTANA, F. D. et al. Direct evidence for phosphorus limitation on Amazon forest productivity. *Nature*, 608, n. 7923, p. 558-562, 2022/08/01 2022.
- FENG, Y.; NEGRÓN-JUÁREZ, R. I.; ROMPS, D. M.; CHAMBERS, J. Q. Amazon windthrow disturbances are likely to increase with storm frequency under global warming. *Nature Communications*, 14, n. 1, p. 101, 2023/01/06 2023.
- FLEISCHMANN, A. S.; LAIPELT, L.; PAPA, F.; PAIVA, R. C. D. et al. Patterns and drivers of evapotranspiration in South American wetlands. *Nature Communications*, 14, n. 1, p. 6656, 2023/10/20 2023.
- GATTI, L. V.; BASSO, L. S.; MILLER, J. B.; GLOOR, M. et al. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature*, 595, n. 7867, p. 388-393, 2021/07/01 2021.
- GATTI, L. V.; CUNHA, C. L.; MARANI, L.; CASSOL, H. L. G. et al. Increased Amazon carbon emissions mainly from decline in law enforcement. *Nature*, 621, n. 7978, p. 318-323, 2023/09/01 2023.
- GROSSMAN, D. A River In Flux. *Science*, 383, n. 6684, 2024.
- HOLANDA, B. A.; FRANCO, M. A.; WALTER, D.; ARTAXO, P. et al. African biomass burning affects aerosol cycling over the Amazon. *Communications Earth & Environment*, 4, n. 1, p. 154, 2023/05/05 2023.
- HOUSEHOLDER, J. E.; WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M. T. F. et al. One sixth of Amazonian tree diversity is dependent on river floodplains. *Nature Ecology & Evolution*, 2024/03/11 2024.
- LAPOLA, D. M.; PINHO, P.; BARLOW, J.; ARAGÃO, L. E. O. C. et al. The drivers and impacts of Amazon forest degradation. *Science*, 379, n. 6630, p. eabp8622, 2023.
- MACHADO, L. A. T.; KESSELMEIER, J.; BOTIA, S.; VAN ASPEREN, H. et al. How Rainfall Events Modify Trace Gas Concentrations in Central Amazonia. *EGUsphere*, 2024, p. 1-28, 2024.
- MALHI, Y.; MELACK, J.; GATTI, L.; OMETTO, J. et al. Ciclos Biogeoquímicos de la Amazonía. In: Informe de evaluación de Amazonía 2021. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA, 2022. v. Capitulo 6, cap. Ciclos Biogeoquímicos de la Amazonía, p. 37p.
- NUNES, C. A.; BERENQUER, E.; FRANÇA, F.; FERREIRA, J. et al. Linking land-use and land-cover transitions to their ecological impact in the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119, n. 27, p. e2202310119, 2022.
- PONCZEK, M.; FRANCO, M. A.; CARBONE, S.; RIZZO, L. V. et al. Linking the chemical composition and optical properties of biomass burning aerosols in Amazonia. *Environmental Science: Atmospheres*, 2, n. 2, p. 252-269, 2022. 10.1039/D1EA00055A.
- PUGLIESE, G.; INGRISCH, J.; MEREDITH, L. K.; PFANNERSTILL, E. Y. et al. Effects of drought and recovery on soil volatile organic compound fluxes in an experimental rainforest. *Nature Communications*, 14, n. 1, p. 5064, 2023/08/21 2023.
- RESTREPO-COUBE, N.; ALBERT, L. P.; LONGO, M.; BAKER, I. et al. Understanding water and energy fluxes in the Amazonia: Lessons from an observation-model intercomparison. *Global Change Biology*, 27, n. 9, p. 1802-1819, 2021.
- RESTREPO-COUBE, N.; CAMPOS, K.; ALVES, L.; LONGO, M. et al. Contrasting Carbon Cycle Responses to Dry (2015 El Niño) and Wet (2008 La Niña) Extreme Events at an Amazon Tropical Forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 353, n. 110037, 2024.
- RESTREPO-COUBE, N.; O'DONNELL CHRISTOFFERSEN, B.; LONGO, M.; ALVES, L. F. et al. Asymmetric response of Amazon forest water and energy fluxes to wet and dry hydrological extremes reveals onset of a local drought-induced tipping point. *Global Change Biology*, 29, n. 21, p. 6077-6092, 2023.
- SMITH, M. N.; TAYLOR, T. C.; VAN HAREN, J.; ROSOLEM, R. et al. Empirical evidence for resilience of tropical forest photosynthesis in a warmer world. *Nature Plants*, 6, n. 10, p. 1225-1230, 2020/10/01 2020.
- TAVARES, J. V.; OLIVEIRA, R. S.; MENCUCCINI, M.; SIGNORI-MÜLLER, C. et al. Basin-wide variation in tree hydraulic safety margins predicts the carbon balance of Amazon forests. *Nature*, 617, n. 7959, p. 111-117, 2023/05/01 2023.
- VAN ASPEREN, H.; WARNEKE, T.; CARIOCA DE ARAÚJO, A.; FORSBERG, B. et al. The emission of CO from tropical rainforest soils. *Biogeosciences*, 21, n. 13, p. 3183-3199, 2024.



TEMA 1

A AMAZÔNIA COMO UM AMBIENTE TROPICAL NATURAL



Esta temática é central na Fase 3 do Programa LBA. Ela foi abordada em todas as fases anteriores do Programa como pergunta principal:

COMO A AMAZÔNIA FUNCIONA COMO UMA ENTIDADE REGIONAL?

Essa pergunta foi inicialmente formulada devido à necessidade de conhecimento básico sobre os processos de superfície e sua interação com o clima. Atualmente, ela continua essencial para a definição e monitoramento de longo prazo das linhas de bases das interações entre mudanças climáticas, estrutura e funcionamento ecossistêmico (aquáticos e terrestres), biodiversidade, entre outros processos.

As pesquisas nessa temática devem focar no funcionamento dos ecossistemas naturais maduros e não-perturbados. Os desenvolvimentos técnico-científicos nessa temática terão como prioridade

a utilização, manutenção e ampliação da infraestrutura de monitoramento já estabelecida nos projetos do Programa LBA, incluindo os sítios de pesquisa com parcelas permanentes e torres de fluxos.

Nos ecossistemas naturais, é importante adicionar pesquisas em ambientes poucos representados para entender o funcionamento dos processos, sua vulnerabilidade e resiliência.

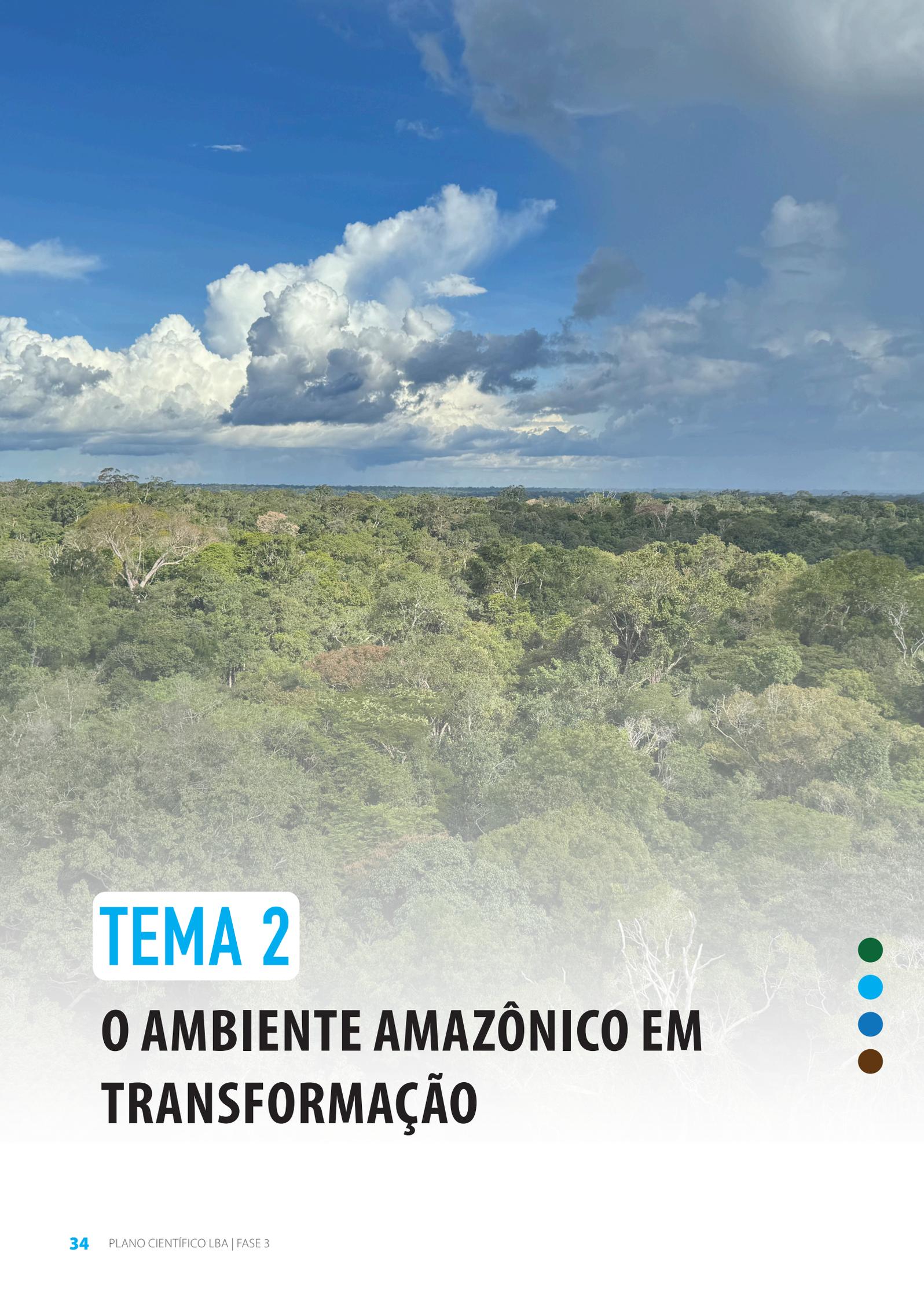
A implantação de experimentos de manipulação, como o AFEX (manipulação de nutrientes) e o ESECAFLOR (manipulação de água), é necessária para compreender as respostas dos ecossistemas amazônicos às mudanças climáticas.

A elaboração das linhas de base (por exemplo, potencial de estoque de carbono florestal) e das curvas respostas derivadas de experimentos controlados são essenciais para responder a seis perguntas gerais.

PERGUNTAS ESSENCIAIS

- 1** Qual é potencial natural de estocagem de carbono, biodiversidade, ciclagem de água, regulação climática, entre outros, nas diferentes regiões das florestas naturais (semelhante às florestas pristinas) não perturbadas da Amazônia?
- 2** Qual é a magnitude dos processos nos ecossistemas naturais (aqueles que mais se aproximam dos ambientes prístinos) e seus mecanismos de retroalimentação com o sistema climático?
- 3** Qual é o impacto das mudanças climáticas sobre esses processos em sistemas naturais não perturbados?
- 4** Quão vulneráveis são os ciclos biogeoquímicos, a estrutura florestal e a diversidade amazônica à intensificação de variações climáticas extremas e à mudança do clima?
- 5** Qual é o grau de resiliência da floresta amazônica a longo prazo perante as oscilações climáticas extremas e a mudança do clima?
- 6** Como a limitação ou suplementação de elementos essenciais (p. ex., água, nutrientes) altera o funcionamento amazônico?





TEMA 2

O AMBIENTE AMAZÔNICO EM TRANSFORMAÇÃO



Esta segunda temática, com base no conhecimento adquirido na temática 1, tem o objetivo de:

Avaliar as alterações sofridas nos processos ecológicos em relação às linhas de base do funcionamento dos ecossistemas naturais, diante das ameaças climáticas e antropogênicas.

Neste sentido, a temática 2 objetiva não só entender os impactos, mas também as consequências dessas transformações. Ela une, de forma mais transversal, os temas prioritários do LBA Fase

2. Portanto, quantificar a magnitude das mudanças sofridas por processos ecológicos é chave para compreender: a capacidade de provimento de serviços ecossistêmicos; a resistência; a resiliência e potenciais pontos de virada de processos em florestas; outras vegetações nativas; sistemas aquáticos modificados pela ação humana; e sistemas produtivos diante das mudanças climáticas e seus mecanismos de retroalimentação.

Algumas perguntas essenciais para prover esse entendimento são:

PERGUNTAS ESSENCIAIS

- 1** Com as mudanças climáticas e intervenções antrópicas (impactos), quanto e com qual taxa os processos estão desviando dos valores esperados de cada sistema ecológico e produtivo?
- 2** Qual é a contribuição da Amazônia, como um bioma fragmentado e transformado pela ação humana, para o balanço global de carbono, em termos de fontes e sumidouros?
- 3** Quais processos contribuem para as emissões e remoções de carbono, e qual a importância de cada um para o balanço de carbono na Amazônia, incluindo o desmatamento, as queimadas, a extração de madeira, as bordas florestais, as florestas em regeneração?
- 4** Como as mudanças na estrutura e nos processos da superfície antropizada da Amazônia modificam o clima?
- 5** Como as mudanças climáticas somadas às mudanças ambientais impactam o funcionamento da Amazônia em suas paisagens naturais e transformadas pela ação humana?
- 6** Como o funcionamento e a resiliência da Amazônia são modificados em uma paisagem dominada por ecossistemas modificados pela ação humana?
- 7** Qual é a extensão da área potencial para atividades de restauração ecológica do bioma Amazônia?
- 8** Com qual taxa os processos podem ser restabelecidos por meio do manejo sustentável das áreas naturais?
- 9** Qual é o impacto do funcionamento do bioma Amazônia transformado pela ação humana para os biomas adjacentes e a sustentabilidade da produção agropecuária?



TEMA 3

GESTÃO SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES



Esta temática é uma resposta da comunidade científica aos desafios impostos pela necessidade de desenvolvimento sustentável da região. Nesta Fase 3, o LBA busca apoiar pesquisas que gerem conhecimento para implementação de alternativas para o uso consciente dos recursos naturais da região.

Avaliar o potencial de equilíbrio dos capitais ambientais, sociais e econômicos por meio do manejo sustentável das áreas naturais e antropicas, definindo áreas prioritárias para intervenções e a capacidade de suporte do ecossistema a potenciais alterações é fundamental. Esta temática deve, além de produzir novos conhecimentos, utilizar toda a base de conhecimento gerada pelo LBA durante as Fases 1 e 2 ao longo desses 25 anos.

Tanto o entendimento temporal dos processos e suas variações espaciais e respostas ao clima

(temática 1) quanto o entendimento das respostas às alterações no uso da terra em suas dimensões espaciais e temporais (temática 2) são necessários. Esse entendimento permite desenvolver conhecimentos sobre os efeitos dessas mudanças para a sociedade, devido aos impactos econômicos e ambientais resultantes.

O objetivo é garantir o pleno funcionamento da Amazônia como entidade regional, a estabilidade climática, a segurança hídrica, energética, alimentar e econômica em níveis local ao nacional, e conseqüentemente reduzir desigualdades e promover o bem-estar social.

Este é um tema que requer esforços transdisciplinares dentro do LBA e a atração de cientistas experientes que fortaleçam essa abordagem no Programa.

As questões gerais a serem respondidas são:

PERGUNTAS ESSENCIAIS

- 1** Quais tecnologias e métodos são de restabelecer as funções ecossistêmicas, otimizar a produção e o desenvolvimento econômico? Qual a eficiência desses métodos?
- 2** Como gerenciar a Amazônia para minimizar os impactos negativos e preservar ou recuperar os serviços ecossistêmicos?
- 3** Qual é o impacto proporcional dos diferentes tipos de uso da terra nas emissões e remoções de carbono? Como otimizar a configuração da paisagem buscando provimento pleno de serviços ecossistêmicos, estabilidade climática e ganho econômico?
- 4** Como diferentes soluções para restauração florestal influenciam nos processos ecossistêmicos?
- 5** Qual é o limite da Amazônia para acomodar soluções baseadas na natureza para a redução de emissões de gases de efeito estufa, sem comprometer a segurança alimentar, a qualidade e disponibilidade de água, manter a biodiversidade e sustentar economicamente as populações locais?
- 6** Qual é a distribuição espaço-temporal das espécies bioeconomicamente viáveis e quão vulneráveis elas estão às mudanças climáticas e ambientais?
- 7** Qual o potencial futuro de uso sustentável da Amazônia, considerando os efeitos das mudanças climáticas e ambientais, utilizando uma abordagem de modelagem ambiental baseada em cenários futuros?
- 8** Como promover uma aproximação cultural das pessoas, especialmente das populações urbanas, para com a floresta, de modo a motivar uma identificação, conhecimento e apego que proporcionem a preservação do bioma a longo prazo?
- 9** Qual é o valor da floresta em pé e seus benefícios sociais e econômicos no contexto das iniciativas de pagamentos por serviços ambientais, créditos de carbono e desmatamento evitado?

ESTRATÉGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO

A implementação do LBA Fase 3 requer construir mecanismos para manter e ampliar toda a infraestrutura de pesquisa consolidada pelo programa nos últimos 25 anos. Isso inclui garantir recursos humanos e financeiros necessários para executar pesquisas utilizando essa infraestrutura, assim como garantir a gestão e disseminação dos dados e informações produzidas para a sociedade.

No início, o LBA Fase 1 possuía uma rede de 19 torres para medições de fluxos de carbono, água e energia, operando em pelo menos 14 sítios de pesquisa, distribuídas em oito estados: Acre, Amazonas, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Rondônia, Tocantins e no Distrito Federal.

O Programa LBA tem 20 torres para medições de fluxos de carbono, água e energia. As bases de pesquisa localizam-se em somente quatro estados: Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia.

Sob responsabilidade do INPA, os sítios das torres são financiados por meio de recursos provenientes: Programa 2204 Brasil na Fronteira do Conhecimento, Ação 20V7 Pesquisa, Desenvolvimento Científico, Difusão do Conhecimento e Popularização da Ciência nas Unidades de Pesquisa do MCTI, e do planejamento orçamentário (PO) 0013 - Desenvolvimento de Pesquisas sobre o Clima e os Ciclos Biogeoquímicos dos Ecossistemas Amazônicos (LBA).

Parte desses recursos anuais são alocados no INPA (R\$892.527) e parte na Fundação de apoio (R\$2.551.550), valores referentes a 2023. Esse montante é suficiente para uma manutenção básica das funcionalidades do programa.

Para garantir a robustez da ciência gerado pelo LBA e suas atribuições, são necessárias as seguintes ações:

- 1** Outras unidades de pesquisa do MCTI na região amazônica devem colaborar na captação de novos recursos para implementar ações do Plano Científico da Fase 3 do Programa LBA, por meio de editais direcionados às áreas prioritárias do Programa.
- 2** A gestão da informação requer uma alocação orçamentária específica para uma equipe de tecnologia da informação que implemente e mantenha uma estrutura que atenda às necessidades do Programa, em termos de coleta, armazenamento, processamento e disseminação dos dados. Atualmente, há problemas de pessoal e financeiro para avançar nesta área.
- 3** O avanço das atividades do LBA exige atualização tecnológica da instrumentação para automatizar a coleta de dados, por meio de comunicação entre os sites de coleta em ambientes remotos e a sede (telemetria e outras tecnologias).
- 4** A gestão integrada da informação do LBA com a gestão de dados espaciais proposta pelo INPE, em colaboração com a iniciativa da Base de Informações Georreferenciadas (BIG), traria elementos geográficos fundamentais para os estudos da próxima fase do LBA. A interfase LBA-BIG é crucial, pois o LBA não possui infraestrutura para dados espaciais, cada vez mais demandados nas pesquisas.

- 5** A infraestrutura estabelecida deve ser utilizada continuamente. Atualmente, projetos com recursos externos se beneficiam da infraestrutura, mas com pouco compromisso com os objetivos e metas do LBA. Para reforçar o alinhamento dos projetos com as necessidades do LBA e atrair novos grupos de pesquisa, o Programa deve buscar projetos alinhados com seus temas de pesquisa e novas parcerias científicas.
- 6** A atração de projetos e grupos de pesquisa deve ocorrer por meio de chamadas públicas, com editais focados nas áreas prioritárias do Programa.
- 7** A implementação destas chamadas deve utilizar a estrutura de pesquisa nacional e estadual. Assim, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e as Fundações de Amparo à Pesquisa dos Estados (FAPs) são peças centrais. Além disso, as fontes de financiamento podem emergir do próprio MCTI, dentro de um plano orçamentário, do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), do Fundo Amazônia e da interação entre as Agências de Fomento (CNPq, CAPES e FAPs).
- 8** A implementação do Plano Fase 3, necessitaria, idealmente, meios para subsidiar propostas para estudos de médio-prazo e grande porte (média de valor R\$ 3,5 milhões/ano, vigência 5 anos). Sendo propostas três chamadas até 2030, contemplando de oito a dez propostas, que possam contribuir com o investimento em infraestrutura, a formação de bolsistas, pós-graduandos, pós-docs e jovens pesquisadores, e divulgação do conhecimento para a sociedade.
- 9** A implementação do Plano Fase 3, também necessitaria, meios para subsidiar propostas para estudos de curto-prazo (média de valor R\$ 1 milhão/ano - vigência 2 anos). Sendo propostas cinco chamadas até 2030, contemplando oito a dez propostas, que possam contribuir com o investimento em infraestrutura, a formação de bolsistas, pós-graduandos, pós-docs e jovens pesquisadores e disseminar o conhecimento para a sociedade.
- 10** Bolsas específicas seriam essenciais para formação e capacitação de pós-graduandos, com a fixação na região Amazônica (a definir, com as instituições parceiras).
- 11** Finalmente, torna-se essencial suporte financeiro e de pessoal para a disseminação do conhecimento científico do LBA Fase 3. Essa disseminação envolve atividades de divulgação científica para a sociedade. É essencial o uso dos novos meios de comunicação, com intensificação da promoção das atividades do LBA em redes sociais e outras ferramentas. Deve-se buscar parcerias entre as instituições públicas e/ou privadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A.C.; RANDOW, C.V.; RESTREPO-COUBE, N. 2016. Ecosystem-Atmosphere Exchanges of CO₂ in Dense and Open 'Terra Firme' Rainforests in Brazilian Amazonia. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 149-169.
- BUSCARDO, E.; NARDOTO, G.B.; LUIZÃO, F. et al. 2016. The Biogeochemistry of the Main Forest Vegetation Types in Amazonia. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 225-266.
- COE, M.T.; MACEDO, M.N.; BRANDO, P.M. et al. 2016. The Hydrology and Energy Balance of the Amazon Basin. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 35-53.
- DAVIDSON, E.A.; ARAÚJO, A.C.; ARTAXO, P. et al. The Amazon basin in transition. **Nature**, v. 481, n. 7381, p. 321-328, 2012.
- FEARNSIDE, P.M. 2016. The Impact of Land Use on Carbon Stocks and Fluxes in Brazilian Amazonia: Implications for Policy. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 385-405.
- GLOOR, E. 2016. Climate and the Amazonian Carbon Balance. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 101-117.
- GRACE, J. 2016. The Amazon Carbon Balance: An Evaluation of Methods and Results. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 79-100.
- HIGUCHI, N.; SUWA, R.; HIGUCHI, F.G. et al. 2016. Overview of Forest Carbon Stocks Study in Amazonas State, Brazil. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 171-187.
- HUBBELL, S.P.; HE, F.; CONDIT, R. et al. How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct? **Proceedings of the National Academy of Sciences** v. 105, p. 11498-11504, 2008. IBGE, 2020: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15819-amazonia-legal.html?=&t=acesso-ao-produto>.
- IBGE, 2022: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=1>
- JARDINE, K. & JARDINE, A. 2016. Biogenic Volatile Organic Compounds in Amazonian Forest Ecosystems. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 19-33.
- LBA, Produção Científica: <https://programalba.cloud/index.php/producao-cientifica>
- LBA, Projetos de Pesquisa: <https://programalba.cloud/index.php/historico-dos-projetos-de-pesquisa>
- KRUIJT, B.; MEIER, P.; JOHNSON, M. et al. 2016. Modelling Amazonian Carbon Budgets and Vegetation Dynamics in a Changing Climate. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 331-366.
- LAURANCE, W.F.; CAMARGO, J.L.C.; FEARNISIDE, P.M.; LOVEJOY, T.E. 2016. An Amazonian Forest and Its Fragments as a Laboratory of Global Change. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P.; (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 407-440.
- ARAGÃO, L.E.O.C.; ANDERSON, L.O.; LIMA, A.; ARAI, E. 2016. Fires in Amazonia. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 301-329.
- MALHI, Y.; WOOD, D.; BAKER, T.R. et al. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. **Global Change Biology**, v. 12, n. 7, p. 1107-1138, 2006.
- MARENCO, J.A.; WILLIAMS, E.R.; ALVES, L.M.; SOARES, W.R. 2016. Extreme Seasonal Climate Variations in the Amazon Basin: Droughts and Floods. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 55-76.

- MEIR, P.; MENCUCCINI, M.; BINKS, O. et al. Short-term effects of drought on tropical forest do not fully predict impacts of repeated or long-term drought: gas exchange versus growth. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 373, n. 1760, p. 20170311, 2018.
- MELACK, J.M. 2016. Aquatic Ecosystems. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 119-148.
- MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; BROOKS, T.M. et al. Wilderness and biodiversity conservation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v 100, p. 10309-10313, 2003.
- OMETTO, J.P.; SOUSA-NETO, E.R.; TEJADA, G. 2016. Land Use, Land Cover and Land Use Change in the Brazilian Amazon (1960–2013). In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 369-383.
- PHILLIPS, O.L.; LEWIS, S.L.; HIGUCHI, N.; BAKER, T. 2016. Recent Changes in Amazon Forest Biomass and Dynamics. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 191-224.
- QUESADA, C.A. & LLOYD, J. 2016. Soil-Vegetation Interactions in Amazonia. In: LAZLO, N.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (Eds). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer Verlag, Ecological Studies, p. 267-299.
- ROCHA, H.R.; GOULDEN, M.L.; MILLER, S.D. et al. Seasonality of water and heat fluxes over a tropical forest in eastern Amazonia. **Ecological Applications**, v. 14, n. 4, p. S22-S32, 2004.
- ROWLAND, L.; COSTA, A.C.L.d.; GALBRAITH, D.R. et al. Death from drought in tropical forests is triggered by hydraulics not carbon starvation. **Nature**, v. 528, p. 119-122, 2015.
- SEEG, 2022. Relatório Emissões de Gases de Efeito Estufa anos 1970-2021. https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission
- TER STEEGE, H.; VAESSEN, R.; CÁRDENAS-LÓPEZ, D. et al. The discovery of the Amazonian tree flora with an updated checklist of all known tree taxa. **Scientific Reports**, v. 6, n. 29549, 2016.
- TER STEEGE, H.; PITMAN, N.; SABATIER, D. et al. A spatial model of tree alpha-diversity and tree density for the Amazon. **Biodiversity and Conservation**, v. 12, n. 11, p. 2255-2277, 2003.
- VON RANDOW, C.; MANZI, A.O.; KRUIJT, B. et al. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 78, n. 1-3, p. 5-26, 2004.



Programa de Grande Escala da
Biosfera-Atmosfera na Amazônia

The Large Scale Biosphere-Atmosphere
Research Program in the Amazon



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

