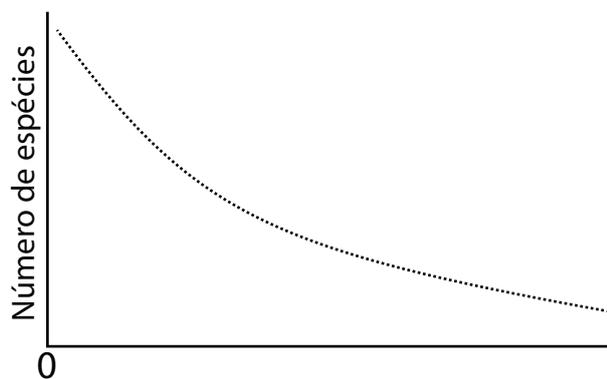


POTÊNCIA AMBIENTAL DA BIODIVERSIDADE: UM CAMINHO INOVADOR PARA O BRASIL

RELATÓRIO ESPECIAL DO PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DA PLATAFORMA BRASILEIRA DE BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS



Potência Ambiental da Biodiversidade: um caminho inovador para o Brasil

Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas e da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos

Apoio:

Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza
Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Autores Coordenadores:

Fabio Rubio Scarano (UFRJ, FBDS, BPBES)
Andrea Souza Santos (COPPE-UFRJ, PBMC)
Suzana Kahn (COPPE-UFRJ, PBMC)
Carlos A. Nobre (USP, PBMC)

Autores principais:

José Marengo (CEMADEN)
Jean Pierre Ometto (INPE)
Paula Ceotto (BPBES)
Rafael Loyola (UFG)
Aliny P. F. Pires (UFRJ, BPBES)
Juliana B. Ribeiro (Fundação Grupo Boticário)
Beatriz L. R. Carneiro (UFRJ, BPBES)

Revisores:

Ronaldo A. Christofolletti (UNIFESP)
Tercio Ambrizzi (IAG-USP)

Citação recomendada para este relatório:

PBMC/BPBES, 2018: Potência Ambiental da Biodiversidade: um caminho inovador para o Brasil. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas e da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. 1ª edição [Scarano, F.R., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. xpp. ISBN: xxx-xx-xxx-xxx-x.

APOIO:



ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
1.1 PONTO DE PARTIDA	2
1.2 CENÁRIO ATUAL	2
1.3 ONDE QUEREMOS CHEGAR	5
CAPÍTULO 2: CATACLISMAS E RISCOS: IMPACTO E VULNERABILIDADE	6
2.1 INTRODUÇÃO	7
2.2 VULNERABILIDADE E IMPACTO	7
2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E OS BIOMAS BRASILEIROS	8
2.4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ECOSSISTEMAS BRASILEIROS	11
2.5 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES	13
2.6 IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E O BEM-ESTAR HUMANO	18
CAPÍTULO 3: ESPERANÇA E AÇÕES: MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO BASEADAS EM ECOSSISTEMAS	21
3.1 CONTEXTO	22
3.2 MITIGAÇÃO	22
3.3 ADAPTAÇÃO	26
CAPÍTULO 4: POTÊNCIA AMBIENTAL DA BIODIVERSIDADE: UM CAMINHO INOVADOR PARA O BRASIL	29
4.1 TEMPO	30
4.2 PRESENTE ESTENDIDO: O CAMINHO PARA A SUSTENTABILIDADE	30
4.3 FUTURO SUSTENTÁVEL: BRASIL POTÊNCIA AMBIENTAL DA BIODIVERSIDADE	34
4.3.1 OS DESAFIOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL	34
4.3.2 OS BONS EXEMPLOS	36
4.3.3 SUBSÍDIOS PARA A TRANSIÇÃO	37
CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO	39
CAPÍTULO 6: GLOSSÁRIO	42
6.1 TERMOS	43
6.2 ACORDOS E POLÍTICAS	49
CAPÍTULO 7: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54



CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 PONTO DE PARTIDA

Os sistemas naturais são diversos em composição e processos, sendo que o ser humano compreende uma das partes deste sistema, ainda que a ciência frequentemente trate os sistemas humanos de forma separada (Díaz et al., 2015; Liu et al., 2015). A compreensão das relações entre os seres humanos e os sistemas naturais requer uma visão sociológica integrada, onde o conceito de “sistemas socioecológicos” (**Ver Glossário**) está sendo usado para integrar os processos e componentes socioeconômicos e biofísicos. Esta visão avalia como alterações nos sistemas sociais estão relacionadas a condições ecológicas e como alterações nos sistemas ecológicos estão associadas com práticas sociais e organizacionais. Nesta visão, o ser humano é considerado parte do sistema natural, ao contrário de ser um agente externo que altere os sistemas ecológicos.

Várias propriedades de sistemas naturais, em particular a biodiversidade, são essenciais para os fluxos de serviços ecossistêmicos que sempre beneficiaram a humanidade, proporcionando segurança hídrica e alimentar, identidade e proteção de valores culturais e garantindo desenvolvimento econômico, social e humano (McNeely et al., 2009). A segurança climática também tem uma estreita relação com a biodiversidade. Se por um lado, a interação biosfera-atmosfera é criticamente importante para a estabilidade climática, por outro, os impactos impostos pelas mudanças climáticas à biodiversidade têm efeitos diretos e indiretos sobre a sociedade, o ambiente, e o bem-estar humano. Dessa maneira, biodiversidade e mudanças climáticas afetam e são frontalmente afetadas pelo padrão de desenvolvimento da sociedade (Brink et al., 2012; Scarano et al., 2018).

O ponto de partida deste Relatório é a premissa que a direção da interação entre biodiversidade, clima e desenvolvimento é uma escolha humana. Esta interação se alterará ao longo do tempo, de maneira mais ou menos favorável à sociedade, dependendo do grau no qual o paradigma de desenvolvimento se transforme em direção a incorporar a conservação e uso sustentável da biodiversidade como parte central ao processo de desenvolvimento. No cenário mais desejável, em direção a um desenvolvimento sustentável, a biodiversidade contribuirá decisivamente para a mitigação e adaptação das mudanças climáticas, e propiciará novos mecanismos de geração de renda e bem-estar. Por outro lado, em um cenário indesejável (*‘business-as-usual’*), no qual continuamos a nos desenvolver com base em energia proveniente de combustíveis fósseis e não tomamos medidas de adaptação à mudança do clima, o declínio dos sistemas naturais de suporte à vida implicará persistência ou aceleração nas mudanças climáticas e impactos negativos sobre o bem-estar humano (**Figura 1.1**).

Para atingir o cenário desejável, tornam-se necessárias mudanças de comportamento e ações que auxiliem na mitigação das mudanças climáticas, com urgente redução das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), nos moldes preconizados no Acordo de Paris, essencial para manter globalmente a integridade da biodiversidade.

1.2 CENÁRIO ATUAL

Apesar das metas globais da Convenção da Diversidade Biológica (CBD), da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), seguidas dos esforços dos países signatários desses acordos, o estado do clima e da biodiversidade no planeta (**ver Glossário**) continua em deterioração. Estima-se que a taxa atual de extinção de espécies seja entre cem e mil vezes maior que as taxas históricas (Mace et al., 2005; McGill et al., 2015), indicando uma perigosa trajetória que já se configura como a Sexta Onda de Extinção em Massa (Ceballos et al., 2017). A temperatura média atual do planeta já aumentou em 1°C em relação àquela que antecedeu a Revolução Industrial. De fato, tem sido argumentado que a ação humana sobre a Terra já transgrediu os limites planetários da integridade da biosfera e dos fluxos biogeoquímicos de nitrogênio e

fósforo e está muito próximo de ultrapassar o limite planetário da estabilidade climática, e que a persistência ou agravamento desse padrão poderiam levar o planeta a um novo, indesejável, estado para a humanidade (Steffen et al., 2015).

O Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, da sigla em inglês) (IPCC, 2013, 2014) concluiu que esse aumento de temperatura é majoritariamente causado por ações humanas. O relatório mostra também que os sistemas naturais mais vulneráveis são aqueles que perderam uma porção significativa dos seus mecanismos de manutenção da vida. Em paralelo, para sistemas humanos, o IPCC reconhece que as pessoas pobres são as mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas (Fisher et al., 2014; Magrin et al., 2014). Efetivamente, uma das principais conclusões do painel é que práticas que promovem o desenvolvimento sustentável no presente – combinando justiça social, saúde ambiental, e produtividade econômica – reduzem riscos futuros impostos pelas mudanças climáticas e são, portanto, adaptativas.

Mais recentemente, o Relatório Especial do IPCC sobre aquecimento global de 1,5 °C (IPCC SR1.5) ressalta a necessidade crítica de uma ação climática urgente e reforça que um cenário de 1,5 °C é mais seguro que as previsões anteriores de 2 °C em termos de impactos climáticos. Alerta que permitir que as temperaturas globais subam 2 °C acima dos níveis pré-industriais trará consequências ainda mais devastadoras, incluindo a perda de habitats naturais e de espécies, e prevê a proporção de espécies que perderão metade de sua distribuição geográfica (IPCC, 2018).

O Brasil tem uma posição de destaque no cenário global na relação biodiversidade-clima-desenvolvimento, tanto pelo lado positivo como pelo lado negativo. De um lado, o Brasil apresenta recordes positivos quanto aos indicadores de biodiversidade, sofisticadas políticas de conservação e relativo sucesso na redução das taxas de desmatamento na Amazônia no passado recente. Por outro lado, apresenta preocupantes números em relação às mudanças climáticas, incluindo valores ainda alarmantes de desmatamento na Amazônia e taxas muito altas de desmatamento no Cerrado, cada um com suas respectivas repercussões sobre o padrão de desenvolvimento.

Com relação à biodiversidade, o Brasil é o país campeão em número de espécies, sendo o mais megadiverso entre os países que abrigam 70% das espécies do planeta (Mittermeier et al., 1997). Só o ecossistema Amazônico apresenta de 10 a 15% da biodiversidade continental total do planeta (Hubbell, 2008) e armazena entre 150 a 200 bilhões de toneladas de carbono (Saatchi et al., 2011; Cerri et al., 2007). Por outro lado, o país também ostenta algumas das maiores taxas anuais de desmatamento (Gibbs et al., 2016). Além da perda de espécies provocada pela perda de habitats decorrente do desmatamento, as altas taxas de desmatamento no país têm impactos negativos sobre a qualidade e quantidade de água, outro quesito no qual o país se destaca, com 20% da água doce superficial do planeta (Scarano et al., 2012). Ilustrando mais uma ambiguidade, o recente relatório do Painel Intergovernamental de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES) indicou que os quatro países nas Américas que possuem maior Índice de Performance Ambiental (**ver Glossário**) – dentre eles o Brasil - são também os maiores emissores de gases de efeito estufa (GEE) no continente (Scarano et al., 2018). Esse padrão sugere que, ao menos nesses países, as políticas de desenvolvimento, que resultam em elevadas emissões, são dissociadas das políticas ambientais e de conservação da biodiversidade.

Ainda hoje no Brasil, políticas e ações voltadas para o desenvolvimento econômico têm impacto negativo sobre a biodiversidade e, por sua vez, também contribuem para acelerar as mudanças climáticas (ver revisão em Scarano et al., 2018). A **Figura 1.1** apresenta dois cenários possíveis para a integração entre clima, biodiversidade e desenvolvimento no Brasil, que pautarão a narrativa desse relatório de avaliação. Eles são um paralelo às narrativas SSP (*Shared-Socioeconomic Pathway*; ou 'caminho socioeconômico compartilhado') número 1 (otimista) e número 5 (mais pessimista) (**ver Glossário**). No cenário que prevê uma sequência de interações negativas, as mudanças climáticas deverão se tornar o principal vetor de perda de biodiversidade no país nas próximas décadas, afetando negativamente também o desenvolvimento socioeconômico. Alternativamente, o cenário positivo projeta a implementação de estratégias adaptativas

às mudanças climáticas que integrem conservação da natureza, desenvolvimento social e econômico. Se por um lado o impacto das mudanças climáticas corre o risco de se acentuar nas próximas décadas e a forma de desenvolvimento atual torna sistemas naturais e antrópicos extremamente vulneráveis, por outro lado, a biodiversidade pode contribuir para o estabelecimento de uma sociedade adaptada e com baixa emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera, atenuando os impactos das mudanças climáticas.

A trajetória inferior é o cenário indesejável (*"business-as-usual"*), no qual os efeitos das mudanças climáticas se acentuam nas próximas décadas, comprometendo severamente a biodiversidade e o desenvolvimento do país. Nesse contexto, a capacidade adaptativa da biodiversidade é baixa, devido à forma de desenvolvimento econômico estabelecido. Nessa trajetória, no presente estendido, os efeitos das mudanças climáticas se acentuam, comprometendo a capacidade de resposta da biodiversidade e sua contribuição para o desenvolvimento do país. Em um futuro plausível, os efeitos dessas mudanças causam impactos negativos sobre os sistemas produtivos do país e os serviços ecossistêmicos estão severamente comprometidos. Por fim, em um futuro impensado, insustentável, a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos estão depauperados, o desenvolvimento do país é incerto e as mudanças climáticas promovem efeitos catastróficos nos sistemas naturais e humanos.

A trajetória superior projeta um cenário desejável, no qual a biodiversidade seria incorporada como componente central ao processo de desenvolvimento, gerando aumento significativo na capacidade adaptativa dos sistemas naturais e humanos. Nessa trajetória, no presente estendido, as metas propostas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são alcançadas, os efeitos negativos do clima estão presentes, porém o estabelecimento de uma forma de desenvolvimento não-predatória à biodiversidade permite sua conservação, um aumento em sua capacidade de resposta às mudanças do clima, diminui a contribuição da emissão de carbono pelo desmatamento e o aumento de sua retirada da atmosfera por extensa restauração ecossistêmica. Esse processo culmina em um futuro plausível no qual os efeitos negativos das mudanças climáticas na biodiversidade e no desenvolvimento são imperceptíveis, o que se deve ao estabelecimento de estratégias de adaptação que integram sistemas naturais e humanos e promovem um desenvolvimento de baixo carbono e alta biodiversidade. No futuro impensado de alta sustentabilidade, a biodiversidade está totalmente integrada ao desenvolvimento do país e contribui para dirimir os efeitos negativos das mudanças climáticas. Nesse contexto, os impactos das mudanças climáticas são controlados por uma forma de desenvolvimento sustentável que integra crescimento econômico e social e conservação da natureza (Figura 1.1).

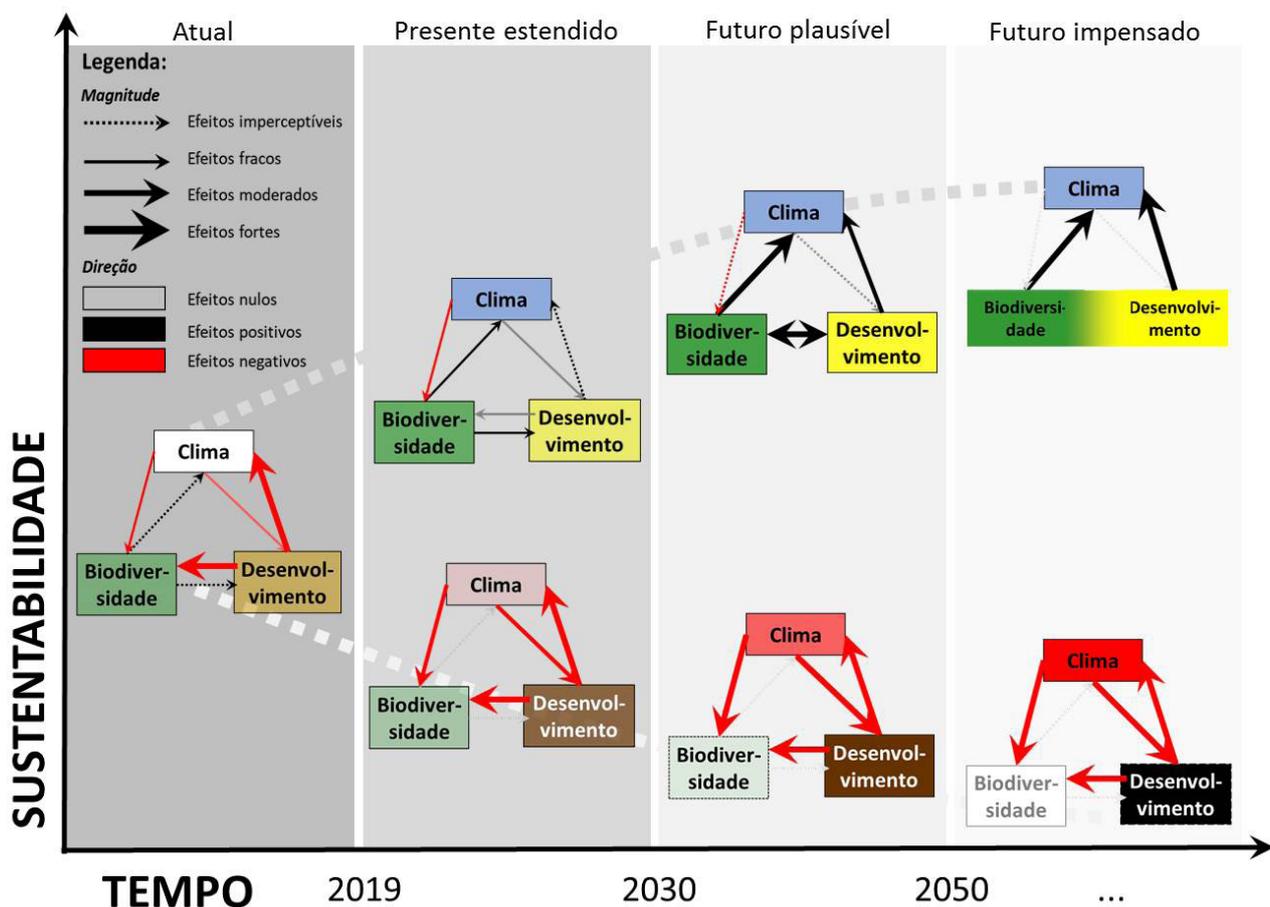


Figura 1.1: Trajetórias possíveis para a interação entre clima, biodiversidade e desenvolvimento no Brasil. As setas que ligam estes componentes refletem a direção na qual se dá essa interação, onde a espessura do traço e a cor das setas correspondem à magnitude e ao impacto (positivo ou negativo), respectivamente. O eixo das ordenadas representa um gradiente de menor para maior sustentabilidade. O eixo das abscissas é baseado no arcabouço de Sardar & Sweeney (2015) que propõe ‘três amanhã’s (ver **Glossário**) que projetam o futuro.

1.3 ONDE QUEREMOS CHEGAR

Este relatório analisa a literatura científica, especialmente a partir do Quinto Relatório do IPCC (AR5; Magrin et al., 2014), do Primeiro Relatório de Avaliação do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014a, b; Souza-Filho et al., 2014), e do Painel Intergovernamental de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (IPBES; Scarano et al., 2018) – sobre os impactos à biodiversidade e aos ecossistemas brasileiros e a decorrente vulnerabilidade sócio-ecológica. Além disso, a partir da revisão de estratégias e ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas com base em ecossistemas, este relatório discute de forma propositiva novas trajetórias de desenvolvimento sustentável para o país. O relatório também discute potenciais soluções e riscos para dois diferentes cenários, um refletindo a desejável trajetória de sustentabilidade, e um outro que reflete uma visão pessimista (*business-as-usual*), para diferentes horizontes temporais (curto prazo e médio-longo prazo), utilizando a abordagem teórica proposta por Sardar & Sweeney (2015). Por fim, é esperado que o relatório subsidie a elaboração e adoção de políticas públicas, possa auxiliar no cumprimento das leis e na tomada de decisão, onde governos de todas as esferas, o setor privado, a sociedade civil organizada, a academia e a sociedade em geral possa, a partir do conhecimento da problemática e soluções associadas à mudança do clima, biodiversidade e desenvolvimento, de forma participativa, promover discussões, e, principalmente agir. É preciso partir para o campo das ações, onde todos serão responsáveis por garantir que a trajetória de desenvolvimento do país seja de fato sustentável.



CAPÍTULO 2: CATACLISMAS E RISCOS: IMPACTO E VULNERABILIDADE

2.1 INTRODUÇÃO

Extinções são para sempre. A discussão sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade não é meramente biológica e encampa aspectos econômicos, morais e políticos. Mudanças climáticas podem ocasionar danos irreversíveis às espécies e aos ecossistemas, reduzindo inclusive sua capacidade de fornecer bens e serviços a sistemas humanos (UNFCCC, 2017). Portanto, ações de mitigação dos impactos das mudanças climáticas de forma sinérgica com ações para valorização e manutenção dos ecossistemas saudáveis são essenciais para amenizar os impactos negativos sobre a natureza e garantir o bem-estar humano.

Os principais impactos da mudança do clima sobre a biodiversidade decorrem de alterações nas variáveis climáticas, que, em última instância, compõem o conjunto de condições necessárias para a sobrevivência e desenvolvimento das espécies. Em sistemas sócio-ecológicos, as mudanças climáticas comprometem a provisão de inúmeros serviços ecossistêmicos (p.ex., água e alimento) e contribuem para o aumento na ocorrência de desastres naturais que causam a morte de milhares de pessoas (PBMC, 2013). O aumento de temperatura, alterações em períodos de estiagem e precipitação, com o aumento dos dias consecutivos sem chuva, e uma maior ocorrência de eventos extremos de temperatura e chuvas intensas, são impactos que impõem riscos à biodiversidade e à população. Estes impactos têm causado danos e perdas irreversíveis, especialmente quando associados à transformação dos ambientes naturais pelas nossas sociedades.

A ocupação humana dos territórios no Brasil e as consequentes mudanças no uso da terra provenientes, levaram à sobreutilização de recursos naturais e a degradação e fragmentação de habitats naturais. A pressão humana sobre os ecossistemas é refletida nas altas taxas de desmatamento, no aumento da frequência e intensidade de incêndios florestais, em atividades associadas à mineração, construção de barragens, usinas hidroelétricas, linhas de transmissão e estradas, aumento da área urbana, expansão da fronteira agrícola e incremento do impacto exercido pela caça de animais silvestres (Machado et al., 2018). Esses impactos alteram drasticamente os padrões naturais de distribuição e interação entre espécies, colocando sistemas naturais e antrópicos em perigo (Fundação Grupo Boticário, 2015a).

Neste capítulo, oferecemos uma síntese sobre o estado atual do conhecimento sobre o efeito das mudanças climáticas para sistemas sócioecológicos no Brasil. Nosso intuito foi o de reunir informações sobre o que já sabemos a partir da pesquisa feita no país e subsidiar informações para apontar caminhos possíveis, desafios e oportunidades relacionadas ao tema.

2.2 VULNERABILIDADE E IMPACTO

Sistemas naturais apresentam diferentes respostas às mudanças climáticas, que incluem a diminuição da abundância e variabilidade genética de suas populações, redução de sua capacidade reprodutiva, alterações fenológicas, mudanças nas interações com outras espécies, redução e/ou mudanças nas suas distribuições e até extinção (Fahrig, 2003; Parmesan, 2006). Entretanto, devido às suas características biológicas únicas e capacidades de lidar com mudanças na natureza, cada espécie responde de forma particular a estas mudanças ambientais (Foden et al., 2013; Maggini et al., 2014). Para uma avaliação eficiente das ameaças das mudanças ambientais à biodiversidade é preciso identificar as espécies mais vulneráveis e os fatores que determinam essa vulnerabilidade.

Neste relatório, vulnerabilidade é definida como a propensão ou predisposição de sistemas naturais e antrópicos a sofrerem danos ou a serem negativamente afetados (IPCC, 2014). Quando falamos em vulnerabilidade, nos referimos, portanto, à combinação de três componentes relacionados às respostas às mudanças climáticas (Figura 2.1). Esses componentes são **exposição**, **sensibilidade** e **capacidade adaptativa** (ver **Glossário**; Foden et al., 2013).

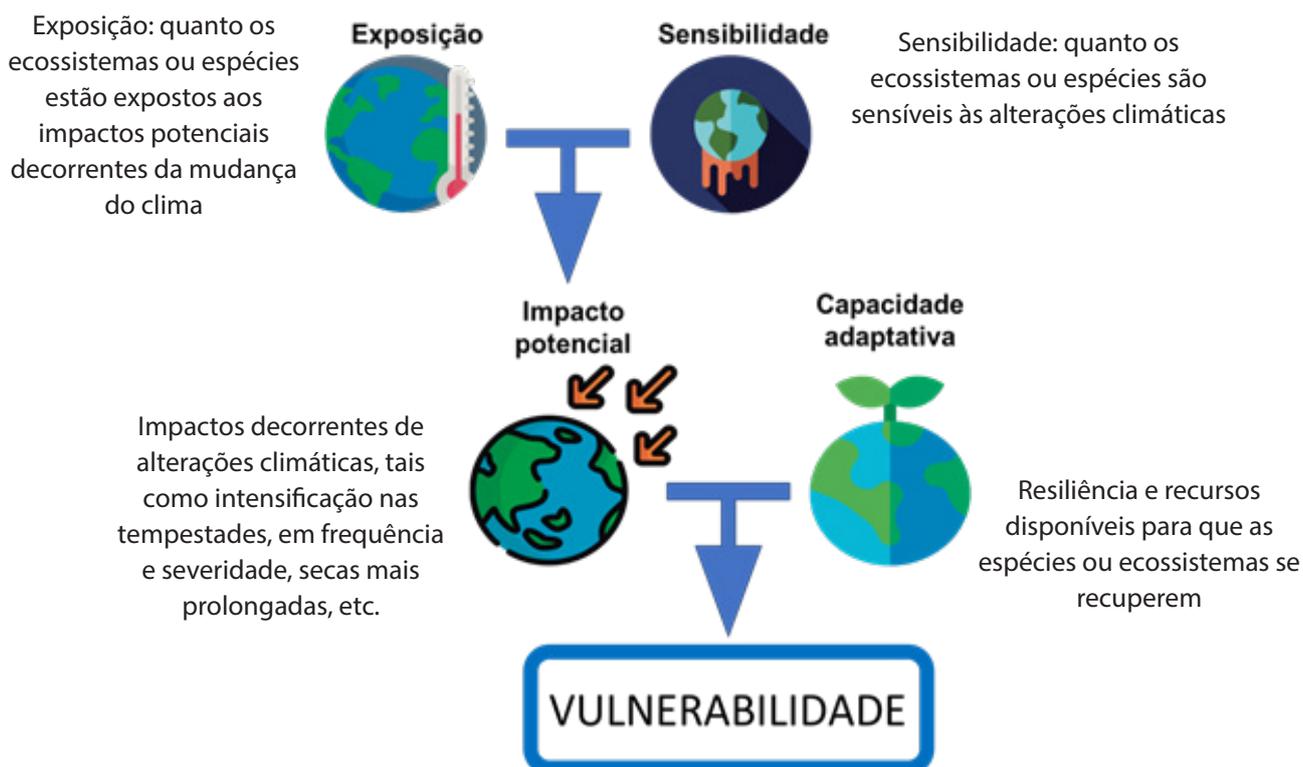


Figura. 2.1. Os componentes da vulnerabilidade e como se relacionam entre si. (Fonte: autores. Ícones: Freepik).

Avaliações realizadas nesse marco conceitual permitem identificar os sistemas mais vulneráveis, assim como os fatores que contribuem para tal vulnerabilidade. Os relatórios do IPCC AR5 (Magrin et al., 2014) e do PBMC (PBMC, 2013a, b; Souza-Filho et al., 2014) se referem à vulnerabilidade às mudanças climáticas no Brasil em três níveis de organização biológica: biomas, ecossistemas e espécies, que serão examinados nos itens a seguir.

2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E OS BIOMAS BRASILEIROS

De acordo com o IPCC AR5 (2014), considerando o cenário de maiores emissões RCP8.5, para 2070 há 90% de probabilidade de um aumento da temperatura de 3-4 °C, podendo aquecer ainda mais até 2100 no Brasil. O aumento de temperatura, associado às mudanças na distribuição das chuvas, poderá ocasionar grandes alterações na distribuição e funcionamento dos biomas brasileiros. Neste contexto, a maioria dos estudos faz referência à vulnerabilidade na Mata Atlântica e no Cerrado, mas há também estudos para a Amazônia, Caatinga e Pampa.

O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) traz informações detalhadas do conhecimento existente sobre o potencial impacto das mudanças climáticas para os biomas brasileiros, considerando as diferentes fitofisionomias e paisagens presentes em cada um deles (MMA, 2016). De forma geral, os diferentes biomas brasileiros apresentam vulnerabilidade, principalmente com implicações na paisagem em escala regional e, por consequência, nos serviços ecossistêmicos que proveem para a região. As principais alterações dizem respeito aos limites de cobertura dos biomas. Tais alterações ocorrem devido à expansão/retração em função das variações climáticas e ao habitat ótimo para estes biomas, associado a perda de habitat por outras atividades antrópicas, como o desmatamento e a urbanização. Como consequência, diferentes biomas apresentam susceptibilidade à invasão biológica e às mudanças de paisagem e biodiversidade em escala regional. Diferentes cenários de modelagem preveem perda de biodiversidade a

partir da contração das florestas e expansão de vegetação aberta, esperados pela redução no tamanho da Amazônia e da Mata Atlântica, acompanhadas pela expansão da Savana, Caatinga e de florestas nos Pampas (Anadón et al., 2014; Yu et al., 2014; Zanin et al., 2017). Abaixo, destacamos algumas características específicas para cada bioma em relação às mudanças climáticas.

A **Mata Atlântica** é um bioma vulnerável à mudança do clima devido à combinação de risco elevado, oriundo do surgimento de novos padrões climáticos (conhecidos como climas não-análogos). O bioma apresenta elevada susceptibilidade à invasão de espécies exóticas e mudanças no uso da terra, relacionadas à agricultura e expansão urbana, muitas vezes sem o devido planejamento (Béllard et al., 2014). Além disso, a Mata Atlântica é o bioma mais populoso do país; ali vivem 70% da população brasileira, sendo também a região onde é gerado 80% do PIB nacional (Scarano e Ceotto, 2015). Estudos mostram que, mesmo com o sistema de áreas protegidas existente, deve haver um declínio de diversidade de espécies neste bioma (Lemes et al, 2014). Em estudo recente realizado em quatro bacias hidrográficas no Planalto Norte Catarinense, identificou-se que em todas as bacias analisadas há acréscimo no aporte de sedimentos por conta dos efeitos climáticos, tanto no estado ambiental atual quanto considerando aumento ou perda de infraestrutura natural por meio de modelagens. As alterações nos regimes pluviométricos futuros podem provocar o aumento na exportação de sedimentos de 16,7% a 21,2% (RCP 8.5 e RCP 4.5, respectivamente), resultando em aumento no custo de tratamento de água para as empresas de saneamento da região (Guimarães et al., 2018).

No caso do **Cerrado**, elevadas taxas de substituição da vegetação nativa e outras formas de conversão do uso da terra tornaram o bioma extremamente vulnerável (Figura 2.2) (Sawyer, 2008; Strassburg et al., 2017). Para este bioma, foi registrado, em 2017, um aumento no desmatamento a taxas superiores às da Amazônia (Reis et al., 2017). Leadley et al. (2014) projetaram um aumento de 3 °C para 2075, que levaria a um colapso das florestas tropicais brasileiras e redução de diversidade do Cerrado, para o cenário A2 do IPCC (2007).

Na **Amazônia**, existe o potencial de savanização como consequência das secas e aumento das temperaturas em até 4-6 °C no cenário RCP8.5 até 2100 (Nobre et al., 2016). Há incerteza, contudo, sobre quanto tempo seria necessário para atingir um suposto ponto de não-retorno (denominado "tipping

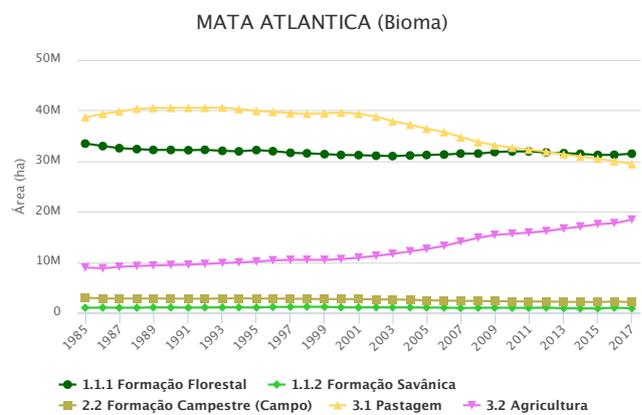


Figura 2.2a: Alteração de uso do solo ao longo dos anos no Bioma Mata Atlântica. Fonte: MapBiomas.

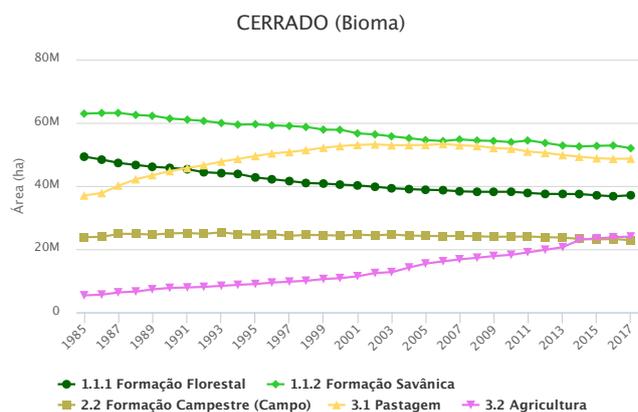


Figura 2.2b. Diminuição (área em hectares) de formações nativas savânicas e florestais no Cerrado, com aumento associado da área ocupada por agropecuária, de 1985 a 2017. Fonte: MapBiomas, 2018.

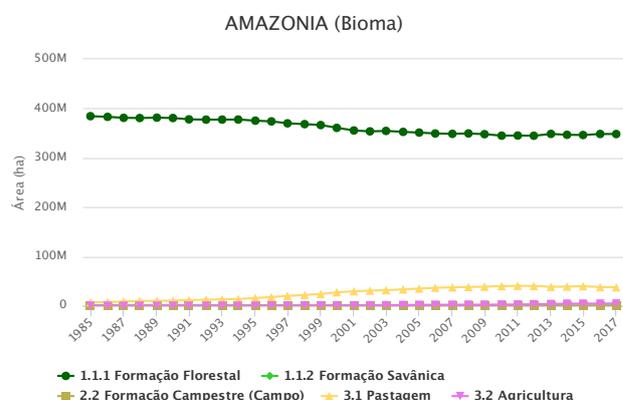


Figura 2.2c: Alteração de uso do solo ao longo dos anos no Bioma Amazônia. Fonte: MapBiomas.

point” ou a transformação definitiva da floresta em savana), a partir do qual o ecossistema poderia não se recuperar adequadamente devido à sensibilidade elevada de determinadas espécies (Magrin et al., 2014; Nobre et al., 2016). Um estudo realizado por cerca de 100 cientistas de mais de 30 organizações mostra que a vegetação não está se recuperando de seguidos anos de escassez hídrica e maiores temperaturas, eventos que se somam aos impactos antrópicos. As árvores maiores podem se beneficiar do aumento de concentração de carbono atmosférico, competindo com as árvores menores e aquelas mais vulneráveis à deficiência hídrica, modificando assim a dinâmica e diversidade da floresta (Feldpausch et al., 2016).

No caso da Caatinga, a vulnerabilidade refere-se à pouca representatividade de áreas protegidas, persistência da pobreza (humana) e processos de desertificação devido a secas extremas (Oliveira et al., 2012; Tabarelli et al., 2017).

Um estudo mais recente sobre o tema propõe que a **Amazônia e a Caatinga** estão entre os biomas que apresentam maior vulnerabilidade intrínseca às variações do clima e teriam pouca capacidade de resposta e resiliência a possíveis mudanças (Seddon et al., 2016), em especial devido ao estresse hídrico. A sensibilidade está, no caso da Amazônia, relacionada a mudanças na temperatura e na cobertura de nuvens, enquanto na Caatinga o aumento na temperatura é um dos seus principais componentes.

Para o **Pampa e Pantanal**, o número de estudos ainda é limitado quando comparado aos outros biomas, no entanto é possível esperar grandes impactos para os mesmos. É esperado um aumento na ocorrência de chuvas extremas na região sul do país, que poderá afetar significativamente a dinâmica e prevalência do bioma Pampa. Além disso, o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima identifica o aumento de áreas florestadas na região como importante fator capaz de sensibilizar ainda mais os campos sulinos (MMA, 2016). O Pantanal, da mesma maneira, é um sistema que se estrutura a partir de dinâmicas ecológicas complexas, de inundação, seca e fogo. Estas características fazem do bioma, detentor de fitofisionomias únicas no país, tais como o paratidal e buriçal, extremamente dependentes desses processos. Mudanças na distribuição das chuvas devem comprometer fortemente os mecanismos que garantem a permanência dessas fitofisionomias e de outros sistemas, tais como baias e salinas no bioma. Alterações na precipitação, na temperatura e também no uso da terra podem afetar significativamente a época das cheias no Pantanal, com graves consequências para os habitantes a jusante. No entanto, o impacto da mudança do clima na região é pequeno até agora,

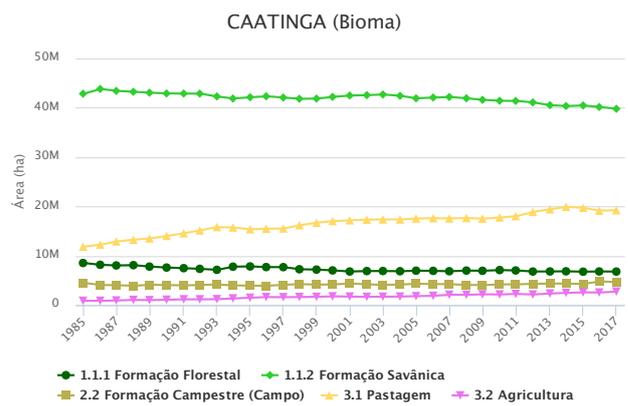


Figura 2.2d: Alteração de uso do solo ao longo dos anos no Bioma Caatinga. Fonte: MapBiomas.

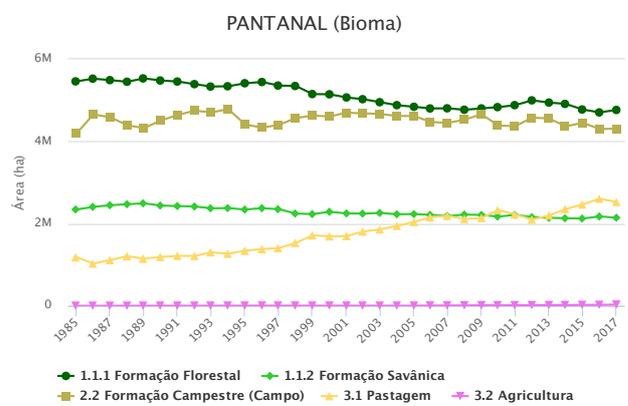


Figura 2.2e: Alteração de uso do solo ao longo dos anos no Bioma Pantanal. Fonte: MapBiomas.

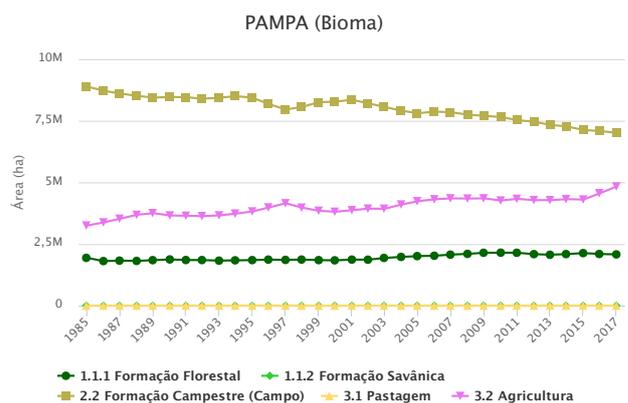


Figura 2.2f: Alteração de uso do solo ao longo dos anos no Bioma Pampa. Fonte: MapBiomas.

comparado aos danos causados pela gestão inadequada da terra em nível local. Projeções mostram que, até o final do século, as temperaturas podem aumentar até 7 ° C e a precipitação pode diminuir tanto no verão quanto no inverno. A possibilidade de períodos mais secos e maior evaporação pode afetar o balanço hídrico na região. Contudo, as incertezas nas projeções climáticas ainda são altas, especialmente para os padrões de precipitação (Marengo et al, 2015)

Desta forma, é importante aumentar as áreas protegidas, implementar programas de monitoramento que permitam avaliar as alterações e atuar sinergicamente no contexto socioambiental para entender o impacto da alteração no sistema natural e social das comunidades que vivem nestes biomas. Indicar que comunidades humanas em regiões de borda de bioma podem ser as mais impactadas, pois podem ter alterações da paisagem e dos serviços oferecidos e precisam estar preparadas a estas. Logo, faz-se necessário ampliar as interfaces entre ciência-sociedade-políticas públicas para garantir o bem-estar humano geral.

2.4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ECOSISTEMAS BRASILEIROS

Em um nível de organização abaixo dos biomas, todos os ecossistemas são vulneráveis, especialmente aqueles com distribuição restrita, já impactados pela ação humana, ou com escassez de áreas protegidas. Os relatórios do IPCC AR5 (Magrin et al., 2014) em nível global e aquele produzido pelo PBMC (PBMC, 2014a, b; Souza-Filho et al., 2014) para o Brasil, apontaram uma tendência de maior vulnerabilidade em relação aos campos de altitude, ecossistemas aquáticos, áreas costeiras e áreas urbanas.

Campos de altitude abrigam espécies com alta especialização térmica (isto é, que vivem em uma faixa pequena e particular de temperatura), tornando-as vulneráveis às mudanças climáticas (Laurance, 2015). Os efeitos de mudanças climáticas sobre ecossistemas costeiros incluem impactos sobre a dinâmica da costa, como erosões e enchentes. No Brasil, um exemplo recente é um deslocamento em direção ao interior da área de mangue no estado do Ceará em 24 hectares, entre 1992 e 2003 (Godoy e Lacerda, 2015). Ecossistemas aquáticos continentais são também reconhecidamente vulneráveis às mudanças climáticas, por serem altamente dependentes do aporte de águas da chuva e serem controlados por oscilações de temperatura (Roland et al., 2012, Pires et al., 2018). Em especial, sistemas rasos, tais como poças e áreas úmidas tem recebido especial destaque por abrigarem um grande número de espécies e serem extremamente importantes para diversos grupos, como aves migratórias (Junk et al., 2013).



Figura 2.3: Situação do sistema Cantareira em agosto de 2013 (esquerda) e agosto de 2014 (direita), demonstrando o impacto da seca de 2014 no armazenamento de água pelo reservatório. Fonte: modificado de Dobrovolski e Rattis (2015).

O panorama marinho é também uma fonte de preocupação, especialmente em cenários de aquecimento mais severos (cenários RCP 6.0 e 8.5). Beaugrand et al. (2015) afirmam que mudanças climáticas dessa magnitude afetarão a biodiversidade marinha de forma mais significativa que mudanças

de temperaturas estimadas para o período entre o último máximo glacial e o período presente, em uma área entre 50% (RCP 6.0) e 70% (RCP 8.5) da superfície global do oceano até 2100. Em outro exemplo, dados ambientais e da diversidade da macrofauna estuarina – coletados durante a seca severa do verão de 2014 – comprovam o impacto sobre comunidades biológicas estuarinas (Fundação Grupo Boticário, 2015b).

Modelagens ecológicas aplicadas para análise de ecologia trófica no estado do Paraná evidenciam significativa diferença entre anos na resposta à variação na disponibilidade de recursos e forte correlação com os períodos de ocorrência de eventos extremos climáticos (*El Niño* e *La Niña* ou *Atlântico tropical mais quente*). As áreas de planícies de maré inseridas na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba e seu entorno sustentam a presença de gramíneas marinhas (*Halodule wrightii*), as quais formam um ecossistema único que abriga e alimenta espécies ameaçadas como tartarugas-verde (*Chelonia mydas*) e cavalos-marinhos (Gama et al., 2016). Estes ambientes são sensíveis e afetados por eventos climáticos extremos, os quais reduzem o crescimento e disponibilidade das gramíneas, alterando drasticamente a dieta e a forma de uso da área por espécies marinhas. Estas alterações podem ter consequências negativas à saúde destes animais e influenciar outros fatores de ameaça à conservação dessas espécies, as quais devem buscar outros alimentos, ficando expostas a outras ameaças ambientais e antrópicas (Gama et al., 2016).

Box 2.1 Experimentos de projeção de clima futuro

Experimentos que projetam condições climáticas futuras complementam estudos de modelagem sobre os impactos das mudanças climáticas para os ecossistemas brasileiros. Tal abordagem permite avaliar a ocorrência e prevalência de certos mecanismos e, portanto, identificar potenciais estratégias de adaptação e intervenção. No Brasil, estudos empíricos indicam que o aumento de temperatura e a ocorrência de eventos extremos de precipitação podem reduzir a atividade de processos microbianos em mais de 50%, comprometendo a ciclagem de nutrientes em ambientes aquáticos interiores (Pires et al., 2014; 2016).

Projeções em campo indicam que o aumento na ocorrência de eventos extremos de precipitação previstos para o Sudeste brasileiro entre os anos 2070-2100 pode comprometer interações entre espécies, a seleção de habitats pelas espécies e processos de retroalimentação positiva, levando a mudanças bruscas na dinâmica destes sistemas (Marino et al., 2017; Pires et al., 2017; 2018). Da mesma forma, experimentos simulando secas prolongadas em sistemas florestais têm demonstrado efeitos drásticos para a manutenção da Floresta Amazônica, com destaque para um aumento severo na mortalidade de árvores de grande porte (Thover e Moutinho, 2006). Estes resultados sugerem mudanças nos padrões de produtividade da floresta, o que poderia levar a um colapso do sistema (Figura 2.4).



Figura 2.4: Experimentos simulando mudanças climáticas no Brasil. À esquerda, experimento no PARNA da Restinga de Jurubatiba simulando o efeito da mudança da distribuição das chuvas no funcionamento de ecossistemas aquáticos, utilizando bromélias tanque como sistemas modelo (A) Foto: Aliny Pires. Ao lado, o Experimento Seca Floresta, que busca entender os impactos de secas prolongadas na dinâmica da Floresta Amazônica (B) Foto: modificado de Tohver e Moutinho (2006).

Ecossistemas urbanos são os mais vulneráveis devido à redução geral de cobertura natural (Rosenzweig et al., 2015), tanto dentro dos centros urbanos como nas suas periferias. Os recentes impactos na provisão de água de grandes cidades como o Rio de Janeiro e São Paulo (Loyola e Bini, 2015; Dobrovolski e Rattis, 2015; Ozment et al., 2018) estão possivelmente relacionados a uma sinergia entre perda de cobertura vegetal e mudanças climáticas (Marengo et al., 2016; Nobre et al., 2016; Cunningham et al., 2017). Enchentes e deslizamentos são causadores de desastres e prejuízos econômicos a diversas cidades no Brasil, especialmente na região Sul e Sudeste (Guimarães et al., 2018). Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais de 2018, tais desastres degradam o ambiente natural e construído das áreas afetadas, reduzindo a capacidade de recuperação da

região atingida. O Atlas informa ainda que modificações ambientais, naturais ou antrópicas, têm sido associadas a mudanças climáticas. Foram registradas 6.164 situações de emergência reconhecidas pelo

Governo Federal em 2.872 municípios, o que corresponde

a 51,5% dos municípios do país (entre 2000 e 2017). Tais desastres implicam em perdas econômicas e de qualidade de vida para as populações atingidas (Ministério da Saúde, 2018).

Uma eficiente estratégia de mitigação de efeitos de eventos climáticos extremos (como enxurradas) é a implementação de “parques lineares” ou manter áreas protegidas nas margens dos rios. Além de protegerem a biodiversidade e corredores ecológicos interligados pela malha hídrica, as áreas protegidas no entorno de rios protegem a infraestrutura e as pessoas, oferecendo um buffer contra cheias e enchentes e permitindo a proximidade das pessoas aos ambientes naturais, mesmo dentro de áreas urbanas.

2.5 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ESPÉCIES

As evidências dos impactos das mudanças climáticas na biodiversidade, mesmo na maioria

dos estudos para biomas e ecossistemas, ainda são provenientes dos estudos das respostas biológicas (principalmente distribuição geográfica) de espécies individuais (Peterson et al., 2011). Simulações feitas por Urban (2015) sugerem que a América do Sul é o continente que apresenta o maior risco de extinção de espécies atribuível às mudanças climáticas (um risco de 23%). O risco de extinções vai de 5,2% a 2°C para 15,7% para temperaturas acima de 4°C (Urban, 2015). Visconti et al. (2015) propuseram que em 2050, para um cenário *business as usual* com aumento de temperatura acima de 2°C (A1B) (IPCC, 2007), o número de espécies declinará de forma drástica, particularmente entre os mamíferos.

Em estudos paleontológicos acerca de modificações anteriores de padrões climáticos (Wing et al., 2005), constatou-se mudança no padrão de distribuição de espécies, com deslocamento continental e intercontinental e reorganização dos ecossistemas, porém a distribuição atual da espécie humana poderia impor limites a esta reorganização natural das outras espécies. No caso dos efeitos sobre espécies atuais, um relatório recentemente disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) mostra que, no Brasil, a maioria dos estudos sobre as respostas das espécies às mudanças climáticas foi desenvolvido no Cerrado (29% dos estudos) (Lemes, 2015). Além disso, segundo esse relatório, o grupo taxonômico mais frequentemente considerado foi o das plantas, seguido por invertebrados, aves e anfíbios (Lemes, 2015).

Estudos recentes sobre grupos taxonômicos e espécies reforçam igualmente os padrões já descritos no IPCC AR5 (IPCC, 2014) e também pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013) sobre a vulnerabilidade de diversas espécies. A escassez de estudos e de monitoramento pode subestimar os dados, porém já existem pesquisas indicando a vulnerabilidade para grupos de corais (Descombes et al., 2015), invertebrados (Ferro et al., 2014; Giannini et al., 2015; Faleiro et al., 2018), anfíbios (Loyola et al., 2014; Vasconcelos et al. 2018), aves (Diniz-Filho et al., 2009; Machado e Loyola, 2013), mamíferos (Loyola et al., 2012; Ribeiro et al., 2016; Sales et al., 2017) e espécies ameaçadas em geral (Keith et al. 2015; Urban, 2015).

Na Amazônia, por exemplo, Ribeiro et al. (2016) verificaram que 85% das espécies são susceptíveis de serem expostas a climas não análogos em mais de 80% de sua área de distribuição até 2070 (Figura 2.5). Essa porcentagem é ainda maior para mamíferos endêmicos; quase todas as espécies endêmicas estão susceptíveis a serem expostas em mais de 80% de sua distribuição. Os padrões de exposição também oscilaram com diferentes variáveis climáticas e parecem estar geograficamente estruturados. Assim, espécies ocidentais e do norte da Amazônia sofreriam mais com anomalias de temperatura, enquanto as espécies do Nordeste seriam mais afetadas por anormalidades na precipitação (Ribeiro et al., 2016). Em geral, os resultados indicam que mamíferos podem enfrentar alta exposição às mudanças climáticas e que unidades de conservação da Amazônia provavelmente não serão suficientes para evitar esses impactos.

Ainda para espécies da Amazônia, Sales et al. (2017) encontraram que a sua fauna endêmica é vulnerável às mudanças climáticas devido às reduções esperadas em uma área climática adequada. Movimentos de fauna (anfíbios, aves e mamíferos) tenderão a seguir a direção norte, impulsionados pelo clima, e estão previstos para

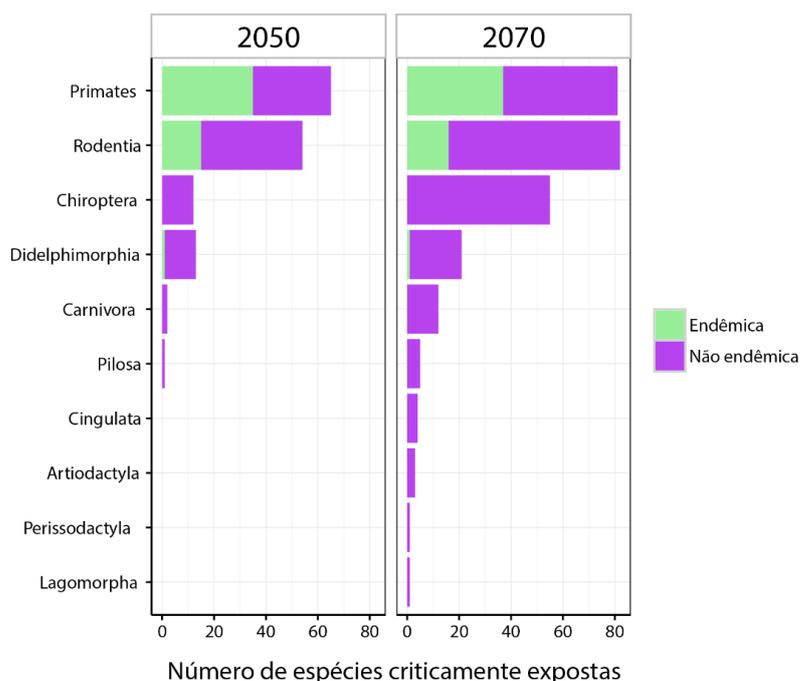


Figura 2.5: Impacto das mudanças climáticas em diversos grupos de mamíferos na Amazônia. Modificado de Ribeiro et al. (2016).

acontecer especialmente nos Andes, que podem funcionar como refúgio climático para determinadas espécies (Sales et al., 2017) (Figura 2.6).

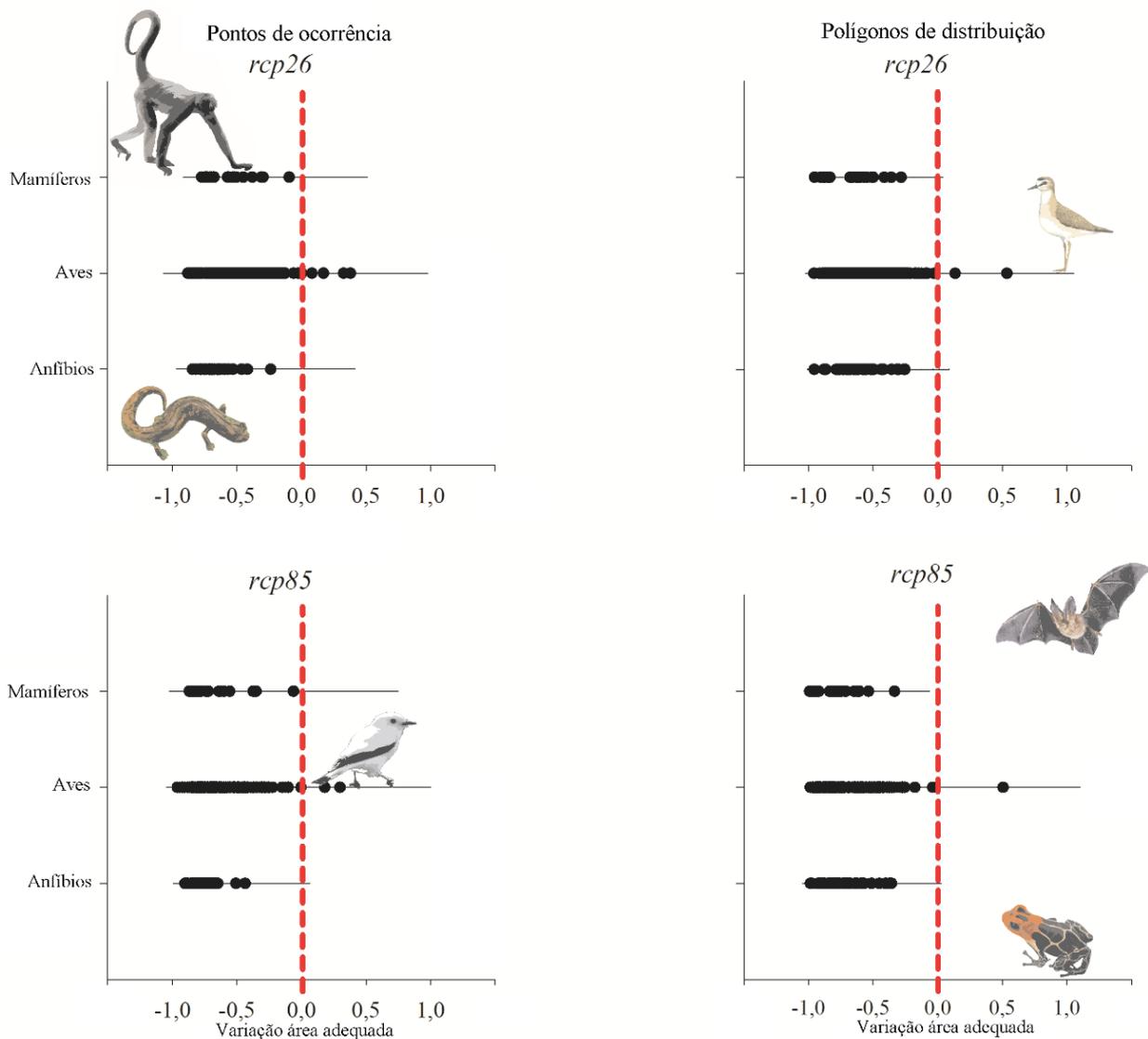


Figura 2.6: Efeito das mudanças climáticas na distribuição de mamíferos, pássaros e anfíbios da Amazônia. É esperado um deslocamento para o norte em todos os grupos. Modificado de Sales et al. (2017).

Outros estudos predizem que mamíferos, aves e plantas migrarão para latitudes maiores ao sul devido a aumentos na temperatura (Giannini et al., 2015; Hoffmann et al., 2015; Oliveira et al., 2015). Além disso, atualmente 36% a 57% das espécies arbóreas amazônicas estão ameaçadas, estimando-se a inclusão de mais 22% de espécies de árvores na lista vermelha, em função das perdas entre 9% e 28% da extensão atual de florestas nativas (Steege et al., 2015). Resta saber se haverá áreas protegidas para onde estas espécies possam migrar, que ainda não estejam ocupadas por outros tipos de uso do solo incompatíveis com a adaptação das espécies ao novo habitat. Estudos com mariposas (Ferro et al., 2014) e anfíbios (Lemes e Loyola, 2013; Lemes et al., 2013) sugerem que mesmo as unidades de conservação da Mata Atlântica, em particular, não seriam capazes de conter a extinção de espécies estimada devido às mudanças climáticas. O mesmo poderia acontecer com mamíferos na Amazônia (Ribeiro et al., 2016; 2018).

Ainda para espécies da Mata Atlântica, Loyola et al. (2014) sugerem que dentro das unidades de conservação, a relação de parentesco evolutivo entre anfíbios poderia ser alterada, levando a uma mudança na composição evolutiva das comunidades. De fato, trabalhos recentes que enfocam outros aspectos da biodiversidade (por exemplo, relações evolutivas e papéis funcionais), sugerem que as mudanças climáticas

podem, além de promover a perda de espécies, gerar perda no funcionamento dos ecossistemas (Brum et al., 2013; Loyola et al., 2014). Vasconcelos et al. (2018) apontam para a extinção de 37 espécies de anfíbios na Mata Atlântica (10,6% do total) e 5 no Cerrado. Dentre estas 42 espécies, apenas cinco constam da lista oficial de espécies ameaçadas do MMA. Os autores preveem, ainda, uma homogeneização da fauna de anfíbios ao longo do Cerrado, favorecendo espécies generalistas, que suportam melhor alterações nas variáveis climáticas (Vasconcelos et al., 2018).

Outro estudo, mais específico, mostrou que o aumento da temperatura poderia prejudicar espécies de anfíbios de altitude do gênero *Brachycephalus*, em virtude da elevação da linha de neblina e consequente alteração na disponibilidade das florestas altomontanas (Fundação Grupo Boticário, 2015b). Na região do Lagamar (litoral do estado do Paraná), por exemplo, a espécie *Brachycephalus tridactylus*, que só ocorre na Serra do Morato (Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, PR), pode representar os anfíbios sensíveis a alterações climáticas. Mais ainda, ela evidencia a extrapolação dos eventos para todo o gradiente altitudinal da região (Ribeiro et al., 2015).



Figura 2.7: *Brachycephalus boticario*, espécie de anfíbio endêmica da Mata Atlântica. Fonte: Ribeiro et al. (2015).

Para espécies de morcegos do Cerrado (usando o cenário RCP 4.5 para 2050, com 80% de chance de aumento da temperatura acima de 2°C), Aguiar et al. (2016) previram deslocamento para o sul. Outros estudos (Loyola et al., 2012; Faleiro et al., 2013; Strassburg et al., 2017; Vieira et al., 2018) sugerem possível extinção de espécies por mudanças climáticas, mudanças no uso da terra e principalmente uma combinação dessas duas forçantes. Foram também previstas perdas de 50% de áreas com adequação climática para distribuição de *Dipteryx alata* (baru), espécie vegetal nativa (Diniz-Filho et al., 2012).

Estudo recente mostra a influência nas alterações de variáveis climáticas sobre espécies já ameaçadas de extinção, como por exemplo, a tartaruga-de-pente. A alteração de temperatura na areia e umidade (afetada pelas alterações de precipitação) deve influenciar negativamente o sucesso reprodutivo dessa espécie, assim como a proporção entre os sexos, uma vez esta característica sofre influência da temperatura dos ninhos. Temperaturas mais altas e maior radiação solar influenciam negativamente a eclosão dos ovos, portanto o estudo conclui que, com as previsões de aumento de temperatura na região até 2100, diversas espécies podem ser afetadas (Montero et al., 2018).

Tabela 2.1 Fatores que predisõem biomas, ecossistemas e espécies aos impactos potenciais das mudanças climáticas.

Nível de organização	Denominação	Por que é sensível?	O que esperar?	Referências
Bioma	Mata Atlântica	Restam apenas de 11,4 a 16% de vegetação nativa no bioma Muitas espécies endêmicas Ainda sob risco de desmatamento	Perda de espécies por extinção ou migração para outros biomas Perda de cobertura vegetal	Ribeiro et al. (2009); Béllard et al. (2014); Joly et al. (2014); Scarano e Ceotto (2015); SOS Mata Atlântica (2018) e Inpe (2018)
	Cerrado	Restam apenas cerca de 54% de vegetação nativa no bioma Muitas espécies endêmicas, em especial plantas Elevada taxa de conversão da vegetação nativa em sistemas agrícolas	Perda de cobertura vegetal Perda de espécies por extinção ou migração para outros biomas Escassez de água	Sawyer (2008), Strassburg et al. (2017)
	Caatinga	Risco de desertificação	Perda de cobertura vegetal Perda de espécies por extinção ou migração para outros biomas Escassez de água	Oliveira et al. (2012); Seddon et al. (2016)
	Amazônia	Risco de savanização Altas taxas de desmatamento localizado Instalação de atividades antrópicas que comprometem sistemas naturais (p. ex., hidroelétricas)	Perda de cobertura vegetal Perda de espécies por extinção ou migração para outros biomas Perda de funções nos ecossistemas na transição de floresta para savana	Anadón et al. (2014); Balch et al. (2015); Seddon et al. (2016)
	Campos de Altitude	Alta sensibilidade térmica	Perda de espécies associadas	Laurance (2015); Ribeiro et al. (2015)
Ecossistemas	Marinhos e Costeiros	Risco de inundação por aumento do nível do mar Evidência de branqueamento de corais Alto risco de invasão por espécies exóticas que se beneficiam com novas climáticas	Invasão biológica Perda de espécies por aumento do nível do mar e acidificação do oceano Homogeneização de fauna e flora	Godoy e Lacerda (2015); Gama et al. (2016)
	Aquáticos continentais	Sistemas fechados, altamente influenciados por fatores climáticos Comprometimento por outros fatores antrópicos (poluição, uso da terra)	Desaparecimento de sistemas inteiros e das espécies presentes neles Diminuição na conectividade	Roland et al (2012), MEA (2005), Pires et al. (2018)
	Urbanos	Alta incidência de ondas de calor Poucas áreas protegidas Evidências de estresse e déficit hídrico Alto risco de inundações	Perda de espécies de plantas e animais Aumento de organismos patogênicos Aumento de casos de doenças emergentes em humanos	Lucena et al. (2012); Rosenzweig et al. (2015)

Espécies	Espécies ameaçadas	Possuem alta sensibilidade ecológica (p. ex., populações pequenas ou ocorrência em ambientes particulares)	Aumento do risco de extinção	
		Muitas têm uma distribuição muito restrita, ocorrendo em apenas uma região	Extinção local ou global	Keith et al. (2015); Urban (2015); Lemes et al. (2013)
		Muitas não ocorrem dentro de áreas protegidas	Migração altitudinal e para outros biomas Redução na área de distribuição geográfica	
	Anfíbios	Possuem alta sensibilidade ecológica	Extinção local ou global	Lemes e Loyola (2013), Lemes et al. (2013), Loyola et al. (2014), Toledo et al. (2014); Vasconcelos et al. (2018); Ribeiro et al. (2015)
		Possuem alta sensibilidade térmica e hídrica	Invasão biológica	
			Aumento de doenças associadas Redução na área de distribuição geográfica	
	Corais	Possuem alta sensibilidade ecológica	Branqueamento	Descombes et al. (2015)
		Possuem alta sensibilidade térmica e química	Perda da fauna associada	
Invertebrados	Possuem alta sensibilidade ecológica	Diminuição na abundância das populações	Ferro et al. (2014); Giannini et al. (2015); Faleiro et al. (2018)	
	Efeitos rápidos e esperados das mudanças climáticas sobre a abundância das espécies	Redução na área de distribuição geográfica		
Plantas, mamíferos e aves	Modelos sugerem muita exposição às mudanças climáticas	Redução na área de distribuição geográfica		
	Modelos preveem redução das distribuições geográficas em diferentes cenários	Extinção local	Giannini et al. (2015); Hoffmann et al. (2015); Oliveira et al. (2015), Ribeiro et al. (2016, 2018), Sales et al. (2017)	
	Disponibilidade de alimentos para animais Alteração nos padrões reprodutivos, que são dependentes da temperatura	Invasão biológica		
Répteis	Possuem alta sensibilidade ecológica	Redução na área de distribuição geográfica	Gama et al. (2016)	
	Possuem alta sensibilidade térmica	Extinção local		

2.6 IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E O BEM-ESTAR HUMANO

Devido à relação da biodiversidade com os bens e serviços que ela provê, os efeitos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade têm sido também associados à perda de serviços ecossistêmicos (BPBES,

2018). Biomas, ecossistemas e espécies muitas vezes apresentam importância econômica e cultural para o homem, e garantem o seu modo de vida e bem-estar. A ameaça das mudanças climáticas a estes fatores deverá comprometer o bem-estar da população brasileira nas próximas décadas. Riscos incluem redução na produção agrícola, redução de estoques pesqueiros, aumento na ocorrência de doenças antes restritas a determinadas regiões e a escassez hídrica (BPBES, 2018).

Todas as espécies responderão de três formas às mudanças climáticas: alteração da distribuição geográfica, extinção ou permanência no habitat a partir de adaptações que surjam no processo evolutivo. Desta maneira, é de se esperar que as mudanças climáticas tenham implicações diretas e indiretas, via comprometimento do capital natural, para o ser humano. Por exemplo, existem projeções para espécies brasileiras sob diferentes cenários climáticos que chamam a atenção devido aos potenciais impactos socioeconômicos. Oliveira et al. (2015) estimaram o efeito do aumento da temperatura sobre a ocorrência e distribuição de espécies comestíveis de plantas do Cerrado, as quais são importantes para comunidades tradicionais e locais – entre elas estão o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), o buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.), e o murici-do-cerrado (*Byrsonima verbascifolia* L.DC.). A projeção baseou-se no RCP8.5 para 2080, quando há 75% de chances de aumento de temperatura acima de 4,5°C para o território brasileiro. Os resultados apontam para a extinção de várias espécies, além de mudanças na distribuição de algumas delas em direção ao sul, onde hoje encontra-se a Mata Atlântica, com grande ocupação antrópica. O estudo sugere que a área sudeste do Cerrado precisa de ações de conservação, visto que a região é a mais insubstituível para as 16 espécies de plantas estudadas.

Giannini et al. (2015), usando o cenário A1B para 2030, 2050 e 2080, projetaram uma mudança na distribuição da abelha *Meliponina quadrifasciata* do norte para o sul e da costa para o interior do Brasil. Essa espécie de abelha, nativa da Mata Atlântica, é chave para a polinização de espécies nativas e de plantas cultivadas. Os resultados indicam um déficit nos polinizadores de café nos estados de São Paulo e Minas Gerais já em 2030, com potenciais impactos econômicos. Para a Amazônia, Giannini et al. (2017) preveem impactos grandes da menor diversidade de polinizadores sobre a produção agrícola, com perdas entre 8 e 100% das safras de caqui, tomate, tangerina e girassol até 2050.

No caso dos mamíferos, e particularmente para os morcegos, estimam-se perdas de 28 a 36% de áreas adequadas (Costa et al., 2018). Tal perda acarretaria na redução da polinização e dispersão de sementes por estes organismos dentro da Floresta Nacional de Carajás, por exemplo (Costa et al., 2018).

Um outro componente menos conhecido, porém, muito preocupante, do efeito das mudanças climáticas sobre a biodiversidade está relacionado com o seu impacto sobre o crescimento e produtividade das plantas (Mora et al., 2015), afetando o funcionamento dos ecossistemas, cadeias alimentares, suprimento de oxigênio, produção de alimentos e energia. Mora et al. (2015) encontraram que regiões tropicais, incluindo o Brasil, podem perder até 200 dias bons para o crescimento por ano até 2100, usando um cenário RCP8.5, que integra disponibilidade hídrica e temperatura. Os impactos decorrentes previstos sobre a população humana e a economia seriam enormes exatamente porque as relações entre o crescimento das árvores e o clima seriam modificadas tanto por alterações na taxa de captura de carbono como na própria dinâmica das florestas.

Diante dessas projeções, ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas no Brasil deverão considerar a biodiversidade, tanto quanto à sua vulnerabilidade e potenciais riscos de inação ao bem-estar humano, quanto ao potencial de seu uso para aumentar a resiliência dos sistemas sócio-ecológicos. Uma avaliação, visando integrar políticas já existentes pode ser útil no aproveitamento de recursos e no melhor direcionamento de ações de restauração e conservação de ambientes naturais, promovendo resiliência territorial e adaptação às mudanças climáticas. O estabelecimento de áreas-chave para segurança hídrica e climática necessariamente envolve uma avaliação territorial de riscos e oportunidades de mitigação destes riscos, com alto potencial para implantação de ações que promovam, simultaneamente, adaptação e mitigação da mudança do clima, atendendo assim a compromissos nacionais e globais de combate aos efeitos da mudança do clima, tais como o Acordo de Paris e a Política Nacional de Mudança do Clima (Guimarães

et al, 2018). Os serviços ecossistêmicos, tais como provisão de água e matéria-prima, infiltração de água no solo, retenção de sedimentos, sequestro de carbono, beleza cênica, entre outros, são benefícios providos pela natureza que são extremamente relevantes para a economia e o bem-estar humano. Manter áreas naturais protegidas é a melhor forma de garantir que os serviços ecossistêmicos possam continuar sendo disponibilizados em nosso próprio benefício. A figura 2.8 apresenta a ilustração de serviços ecossistêmicos e os benefícios para a biodiversidade e o clima.

O capítulo 3 deste relatório aborda com mais abrangência possíveis soluções baseadas na natureza para os principais problemas da sociedade atual.



Figura 2.8 – Os serviços ecossistêmicos são benefícios providos pela natureza que são extremamente relevantes para a economia e o bem-estar humano. Fonte: Guimarães et al., 2018.



CAPÍTULO 3: ESPERANÇA E AÇÕES: MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO BASEADAS EM ECOSISTEMAS

3.1 CONTEXTO

A partir dos capítulos anteriores, a biodiversidade é sensível a uma série de fatores relacionados às mudanças globais, incluindo clima e perda de habitats. Por outro lado, os ecossistemas naturais e a biodiversidade podem prover importantes mecanismos de mitigação e estratégias de adaptação às mudanças climáticas (ver **Glossário**). Enquanto a mitigação diz respeito à redução de emissões de GEE, as ações de adaptação partem da constatação de que os extremos da variabilidade climática e as mudanças climáticas já estão produzindo impactos negativos sobre os sistemas naturais e humanos, e por isso se traduzem em meios e estratégias para que as consequências dos futuros impactos não sejam, ou sejam menos, danosas. Compor ações para reduzir as emissões de gases do efeito estufa e conservação ambiental pode potencializar os efeitos positivos da mitigação e funcionar como importantes mecanismos de adaptação às mudanças previstas.

Ecossistemas naturais prístinos (padrões e processos, e por consequência serviços, pouco alterados) são fundamentais para tornar a biodiversidade e a sociedade mais resilientes aos impactos das mudanças climáticas, e apresentam maior capacidade de resistência e recuperação quando afetados por situações climáticas extremas, além de fornecer uma ampla gama de benefícios dos quais as pessoas dependem – os serviços ecossistêmicos. Apesar desse papel preponderante, estudos que relacionam alterações do clima e alternativas de adaptação baseada nos ecossistemas naturais no Brasil ainda são escassos (Fundação Grupo Boticário, 2015a; Scarano, 2017; BPBES, 2018).

Comunidades locais e tradicionais, por exemplo, operam em uma relação bastante próxima aos serviços providos por áreas naturais protegidas, ou manejada de forma sustentáveis por essas populações. Reduzir a vulnerabilidade dessas comunidades locais às mudanças do clima, e seus impactos potenciais, requer uma combinação de instrumentos de política pública relacionadas à conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos (ex. estabelecimento e gestão efetiva de áreas protegidas, gestão comunitária de áreas naturais, restauração ecológica), e opções socioeconômicas visando diversificar meios de vida, aumentar a geração de renda e reduzir a pobreza. Chamamos esse tipo de ação de “Adaptação baseada em ecossistemas” (AbE; Jones et al., 2012; Scarano, 2017; ver **Glossário**). O fortalecimento de estruturas de gestão pública de áreas de conservação pode contribuir substancialmente à estratégias e práticas de adaptação às mudanças no clima. Estratégias como o estabelecimento do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e sua eficácia no fluxo econômico de bens e serviços serão discutidos mais à frente neste Capítulo, e também no Capítulo 4.

Neste capítulo, tratamos de mitigação e adaptação separadamente, pois tanto a literatura científica como a política, de um modo geral, estão estruturadas dessa forma (Harvey et al., 2014; Berry et al., 2015). Além disso, o desenvolvimento sustentável pode ser tanto causa como consequência de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, mas apenas raramente esses processos são examinados de forma integrada (e.g., Agrawal & Lemos, 2015; Scarano, 2017). Porém, apesar do tratamento separado, entendemos que ações baseadas na biodiversidade e nos ecossistemas tem o potencial de integrar mitigação, adaptação e desenvolvimento sustentável (e.g., Locatelli et al., 2015; Thornton & Comberti, 2017). Por outro lado, reconhecemos também a existência de *trade-offs* potenciais, como por exemplo, entre sequestro de carbono e valores da biodiversidade, bem-estar social e ambiental de populações locais, e segurança fundiária (Ingalls & Dwyer, 2016). Essas sinergias e *trade-offs* serão, sempre que possível, examinados ao longo do capítulo.

3.2 MITIGAÇÃO

Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), elaborado com base nos dados dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa (SEEG, 2017a), as mudanças de uso da terra corresponderam, no Brasil, a aproximadamente

metade das emissões brutas de CO₂ e do país entre 2009 e 2015¹. Grande parte dessas emissões é gerada pelo desmatamento, principalmente na Amazônia e no Cerrado. No contexto desse relatório, o desmatamento e mudanças no uso e cobertura do solo, são fatores de interesse central. As emissões de GEE derivadas desses processos contribuem ao aumento na concentração desses gases na atmosfera, o que leva à mudança no clima que, por sua vez, impacta a biodiversidade. Aliado a um efeito mais difuso, determinado pela mudança no clima, a perda de habitats é atualmente o principal fator de extinção de espécies no país (Baillie et al., 2004).

Os cálculos oficiais sobre emissões de gases, apresentados no Inventário Nacional de Emissões de GEE (MCTIC, 2016), computam, para o setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra, as emissões decorrentes do desmatamento, considerando fogo nessas áreas como parte da perda total de carbono. Por questões metodológicas, a contabilização de fogo em áreas de florestas secundárias não é considerada no inventário, ainda que seja um importante mecanismo de degradação florestal (que pode se caracterizar por uma perda parcial, mas contínua do estoque de carbono). Entretanto, o manejo dessas áreas, com a redução na incidência de fogo, é um mecanismo efetivo de mitigação das emissões de GEE em sistema florestais e, portanto, uma importante estratégia ao alcance do compromisso brasileiro assumido no Acordo de Paris, junto à Convenção do Clima (Contribuição Nacionalmente Determinada, NDC)². Cabe ressaltar que o incremento das emissões, decorrentes do aumento de ocorrência de focos de incêndio de origem antrópica nos diversos biomas brasileiros (em geral ligado a períodos de seca mais prolongados), reduz a capacidade de recuperação dos ecossistemas e manutenção de taxas fotossintéticas, conforme já constatado na região Amazônica (Aragão et al., 2018).

As projeções do IPCC AR5 (2014) e publicações subsequentes, como Marengo et al. (2015), indicam forte tendência para períodos de secas mais intensos nas regiões Amazônica e no Nordeste do Brasil, especialmente na Caatinga. As secas recorde registradas na região Amazônica, nos anos de 2005, 2010 e 2016, são indicativos importantes desse padrão. A estreita relação entre as secas e o aumento de incidência de fogo dá-se por uma cadeia que passa pelo aumento de déficit hídrico nas regiões afetadas, levando a um aumento de mortalidade de árvores, perda de folhas aumentando o material inflamável no sub-bosque, com consequente abertura de clareiras, etc., propiciando a propagação do fogo. Na região Amazônica, o fogo é um processo essencialmente antrópico, associado ao desmatamento ou manejo de pastagens. Nesse caso, é bastante comum o fogo sair da área do pasto e avançar para áreas abertas ou áreas de floresta nas cercanias, como bordas e fragmentos florestais. O aumento de períodos de secas extremas, ao longo do século 21 na região Amazônica, aponta para um aumento relevante da incidência de incêndios, em áreas degradadas e fragmentadas, mas também em áreas de floresta primária (Aragão et al., 2018), com impactos nos estoques e fluxos de carbono, e na estrutura da floresta e biodiversidade (Klatt et al., 2018)³. Outro aspecto negativo da ocorrência frequente de fogo é a supressão da formação de nuvens convectivas pelos aerossóis e material particulado lançados na atmosfera pelas queimadas (Andreae et al., 2004), e por interromper a emissão de compostos orgânicos voláteis, que possuem alto poder de aglutinação de água e formação de nuvens pela vegetação (Wang et al., 2016). De acordo com Aragão et al. (2018), é fundamental monitorar e contabilizar as emissões de CO₂ ligadas à relação seca-fogo para mecanismos como a Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal, mais manejo florestal sustentável (em Inglês "Reduction of Emissions from Deforestation and Degradation (REDD+, **ver Glossário**). Os autores sugerem também a necessidade de políticas nacionais que promovam ações que regulem a alterações no uso da terra e contribuam à redução da incidência de incêndios florestais.

Considerando as fontes de emissões que hoje são contabilizadas no inventário brasileiro, as principais opções de mitigação ligadas ao setor Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra com efeito positivo sobre a biodiversidade são: redução do desmatamento, manejo florestal, reflorestamento e restauração florestal

¹Quando se considera as emissões líquidas, a contribuição relativa das mudanças do uso do solo cai para 26% para o ano de 2015, não tendo havido variação significativa nesse valor entre 2009 e 2015 (SEEG, 2017b). Lembrando que este valor refere-se à alteração da cobertura de vegetação nativa a outros usos, não incluindo o setor agrícola.

²http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf

³<https://www.ipbes.net/deliverables/2b-regional-assessments>

(FAO, 2010). Essas opções estão diretamente relacionadas às estratégias e políticas de gestão territorial, onde a composição entre diversos usos e cobertura do solo determinam as oportunidades de mitigação. A redução do desmatamento, por exemplo, pode estar associada a estratégias que promovem a redução dos fatores de pressão sobre a floresta, mas também nas oportunidades advindas da proteção da biodiversidade ou da exploração sustentável de seus recursos.

A agricultura (incluindo a pecuária) é reconhecida como um dos principais vetores de desmatamento no Brasil (Baillie et al., 2004; Aguiar et al., 2016; Bustamante et al., 2014). Baseados na ideia do aumento da produção agrícola em áreas já cultivadas como uma solução para o conflito entre expansão agrícola e conservação de ecossistemas naturais, Strassburg et al. (2014) estimaram a capacidade suporte das áreas de pastagens brasileiras. Os autores concluíram que a produtividade das áreas de pastagens atuais no Brasil corresponde a 32-34% do seu potencial e que o aumento da produtividade para 49-52% seria suficiente para atender à demanda por carne, culturas vegetais, produtos madeireiros e bioenergia projetada para 2040, sem a necessidade de conversão de áreas naturais. Como resultado, as emissões de até 14.3 Gt CO₂ poderiam ser evitadas.

Seguindo na linha de intensificação da produção agrícola, Strassburg et al. (2017) propõem, dessa vez com foco unicamente no Cerrado, um cenário de desenvolvimento para o bioma no qual o aumento da produção de pastagens de 35% para 61% da capacidade de produção sustentável até 2050 permitiria liberar as áreas necessárias para a expansão da produção de soja e de cana-de-açúcar (de forma a atender à demanda projetada para o ano de 2050), aumentar a produção de carne em 49% e ainda assim poupar 6,38 milhões de hectares para a restauração florestal. Para transformar essa estimativa em realidade, os autores sugerem compromissos por parte de atores públicos e privados: a extensão da moratória da soja - hoje restrita à Amazônia - para o Cerrado; a proibição, pela cadeia de suprimentos do setor pecuário, de nova conversão de vegetação natural; a ampliação da rede de áreas protegidas no Cerrado; e a restauração de áreas críticas, como corredores ecológicos, que seria realizada por meio do cumprimento ao novo código florestal.

Além da intensificação da produção agrícola, o aumento da transparência das cadeias de fornecimento de commodities agrícolas associadas ao desmatamento (Grimard et al., 2017; Gardner et al., 2018) e o estabelecimento de compromissos de redução do desmatamento são mecanismos importantes para a redução da pressão de conversão da floresta. No caso desses compromissos, os parceiros (principalmente empresas do setor de produção e distribuição de commodities reconhecidas como importantes vetores de desmatamento) adotam ações voluntárias, individualmente e em conjunto, para reduzir o impacto em áreas de vegetação nativa associado ao abastecimento de commodities como óleo de palma, soja, carne, polpa e papel. No Brasil, as Moratórias da Soja e da Carne são os dois exemplos importantes desse tipo de compromisso, sendo a primeira restrita à Amazônia Legal e a segunda inicialmente restrita ao estado do Pará e posteriormente estendida ao Acre, Amazonas, Mato Grosso e Rondônia. Gibbs et al. (2015a) estimaram que 30% da expansão da soja ocorreu através do desmatamento nos dois anos anteriores à assinatura da moratória da soja (2006), enquanto esse número havia caído para aproximadamente 1% em 2014. Em uma comparação com o Cerrado, onde a moratória não se aplica, os autores mostraram que a taxa anual de conversão de vegetação nativa em plantações de soja permaneceu significativa (de 11 a 23% entre 2007 e 2013). Estudando os efeitos da moratória da carne, Gibbs et al. (2015b) encontraram resultados que apontam na mesma direção: os frigoríficos analisados passaram a evitar a compra de gado advindo de propriedades onde ocorreu desmatamento ilegal após a assinatura dos acordos. No entanto, Alix-Garcia & Gibbs (2017) encontraram uma redução no desmatamento da ordem de 6% em propriedades que fizeram o cadastro ambiental rural no início dos acordos, mas um aumento considerável do desmatamento em propriedades que fizeram o registro posteriormente, de forma que, regionalmente, o efeito positivo da redução do desmatamento em algumas propriedades foi anulado pelo aumento dele em outras propriedades. Além disso, segundo os autores, dados sugerem que os frigoríficos compraram operações em regiões com altas taxas de desmatamento antes e depois dos acordos, não evitando a atuação em áreas onde há grande incidência de desmatamento ilegal.

Outras formas de reduzir o desmatamento e, portanto, as emissões de CO₂ e impactos à biodiversidade,

são o aumento da proteção da floresta em pé. Áreas protegidas (APs) constituem uma ferramenta chave para evitar o desmatamento. Soares-Filho et al. (2010) acessaram o efeito das áreas protegidas na Amazônia brasileira sobre a redução de emissões advindas do desmatamento e encontraram, para o período entre 1997 e 2008, um efeito inibidor pelos três tipos distintos de APs: Terras Indígenas, APs de proteção integral, e APs de uso sustentável. Além disso, de acordo com os autores, a expansão em áreas protegidas ocorrida no início dos anos 2000 foi responsável por 37% da redução do desmatamento observada entre 2004 e 2006 sem ter provocado aumento do desmatamento em outras áreas. Posteriormente, Kere et al. (2017), com o mesmo objetivo de avaliar o efeito das áreas protegidas sobre o desmatamento na Amazônia, encontraram um efeito positivo das APs sobre redução no desmatamento entre 2005 e 2009, chamando a atenção para a importância da categoria das áreas protegidas (Terras Indígenas tendem a ser mais eficientes que APs de uso sustentável e proteção integral) e para o fator temporal (APs criadas mais recentemente apresentam um efeito maior).

Recentemente Young e Medeiros (2018) estimaram a contribuição e o impacto econômico que as unidades de conservação podem ter para a economia nacional nos seguintes temas: extrativismo e pesca; turismo e uso público, recursos hídricos e solos, carbono e ICMS Ecológico (**ver Glossário**). O estudo demonstra que investir na melhoria e ampliação das Unidades de Conservação (UCs) é uma forma de obter retornos econômicos e sociais bastante superiores aos valores alocados. O aumento do repasse do ICMS ecológico para a gestão das UCs municipais, e arranjos com organismos privados pelo uso de serviços providos por UCs (por exemplo, o pagamento pelo uso da água por uma empresa que produz bebidas) seriam formas de aumentar esse investimento.

Com efeito, pagamentos por serviços ecossistêmicos (PES) (**ver Glossário**) são apontados como uma forma adicional de conter o desmatamento e a consequente perda de biodiversidade. No Brasil, as duas modalidades mais comuns de PES são projetos de conservação e projetos de restauração florestal (Alarcon et al., 2017). Possibilidades que consideram pagamentos por serviços ambientais em pequenas propriedades rurais de usos múltiplos vêm sendo consideradas pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo para a região da Mata Atlântica, no vale do Rio Paraíba. Esta pode ser uma excelente oportunidade para produtores familiares interessados em combinar conservação ambiental e produção de alimentos⁴.

Ainda na linha da materialização do valor econômico que as florestas possuem, o fortalecimento de cadeias produtivas que fazem uso sustentável da biodiversidade é chave para o aumento da resiliência dos territórios. A transformação sistêmica do quadro de ameaça à floresta depende, em grande medida, da viabilização e consolidação das atividades econômicas sustentáveis em territórios de alta pressão antrópica sobre a floresta, a partir dos ativos florestais, da biodiversidade, de potenciais econômicos decorrentes de atividades agroflorestais, entre outros. Ademais, essa transformação promoveria a melhoria da qualidade de vida de grupos que se encontram em situação de vulnerabilidade e pobreza, como os povos indígenas, comunidades tradicionais, e agricultores familiares, mas que ajudam a conservar e manter serviços ecossistêmicos chave para o planeta.

Acordos e compromissos globais, nacionais e subnacionais a fim de impulsionar iniciativas de reflorestamento e restauração florestal foram lançados recentemente. Latawiec et al. (2015) avaliaram cenários alternativos para a expansão de áreas no estado do Espírito Santo (ES) para a produção agrícola (284.000 hectares), florestas plantadas (400.000 hectares) e restauração florestal (236.000 hectares) por meio da otimização da produção pecuária. Os autores estimam que um aumento de 93% da produtividade pecuária seria suficiente para liberar as áreas necessárias para o ES alcançar as metas citadas ao longo de 15 anos, propondo ainda soluções para reduzir riscos de deslocamento da produção para áreas de vegetação nativa através do desmatamento. Em abordagem semelhante, Banks-Leite et al. (2014) estimaram os benefícios ecológicos e os custos de pagar proprietários de terra para alocar partes de suas propriedades para a restauração florestal, propondo um programa de pagamentos por serviços ecossistêmicos em áreas prioritárias para a conservação no bioma Mata Atlântica. Segundo os autores, seriam necessários investimentos

⁴Conexão Mata Atlântica: http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/Biomas/PROJETOS-CGIBI/GEF_MA.html

equivalentes a 6,5% do que o Brasil gasta com subsídios agrícolas para manter o programa, e os benefícios se manifestariam no aumento da biodiversidade e funções ecológicas que prestam serviços fundamentais em áreas rurais, como controle de pestes e polinização, além de contribuir à remoção de carbono da atmosfera. Analisando o potencial de restauração ao longo de estradas, Fernandes et al. (2017) estimaram que 566.000 hectares ao longo de estradas brasileiras estariam disponíveis para restauração, representando 55.3 milhões de toneladas de carbono. Um aspecto relevante apontado pelos autores refere-se ao fato de as estradas no Brasil serem propriedade do Estado, o que poderia reduzir a necessidade de negociações com diversos atores locais para a implementação dos projetos de restauração, e traria benefícios como a provisão de habitats e o aumento da conectividade ecológica.

3.3 ADAPTAÇÃO

A adaptação às mudanças climáticas só recentemente começa a receber alguma atenção nas agendas política e socioambiental no Brasil, especialmente com o advento do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (MMA, 2016). Essa necessidade se torna cada vez mais óbvia diante da frequência e magnitude de extremos climáticos que têm afetado o país, implicando perdas econômicas e até de vidas. Destacam-se casos como o da prolongada seca no Nordeste, iniciada em 2012 e que ainda continua gerando graves impactos para a agricultura de subsistência (Marengo et al., 2017a; 2018); da crise hídrica em grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília, que resultou em impactos sobre bem-estar e também negócios e produção (Dobrovolski & Rattis, 2015; Marengo et al., 2015); e do aumento na intensidade de cheias e deslizamentos, que custou muitas vidas entre 1991-2010 (Debortoli et al., 2017).

Além desses casos, as projeções dos impactos do clima futuro sobre a biodiversidade e os ecossistemas brasileiros deixam clara a necessidade de ação imediata (ver Capítulo 2). A mitigação seguirá sendo relevante e precisa acelerar e ganhar escala, mas não será suficiente para brevar ou contornar as alterações climáticas em andamento. Assim, estratégias de adaptação são necessárias para aumentar a resiliência de sistemas sócio-ecológicos vulneráveis, sempre levando em consideração que há limites para a adaptação (Scarano, 2017), como o arcabouço dos limites planetários (ver **Glossário**) sugere (Steffen et al., 2017). Sempre que a adaptação evita ou reduz riscos climáticos sem impactar negativamente sistemas humanos e naturais interligados, ela se torna chave para a agenda do desenvolvimento sustentável (Juhola et al., 2016; Pant et al., 2015; Scarano, 2017). Assim, ainda que adaptação e desenvolvimento sustentável não sejam sinônimos, um alinhamento de ações políticas nessas duas frentes é desejável (Kasecker et al., 2017).

A adaptação às mudanças climáticas baseadas em ecossistemas (AbE) surge como uma possibilidade que une a adaptação às mudanças climáticas à gestão das áreas naturais, tendo sido aplicada em diversas estratégias de adaptação em todo o mundo. Essa prática é destacada como meta 13.1 do ODS 13 (Ação Climática) da Agenda 2030 do Brasil. Segundo a IUCN (2009), ecossistemas bem manejados têm potencial maior de adaptação, resistindo e recuperando-se mais facilmente dos impactos de eventos climáticos extremos, além de proverem uma maior gama de serviços ecossistêmicos dos quais as pessoas dependem. No Brasil, experiências em AbE existem e têm sido difundidas, embora ainda sejam pontuais e algumas delas não possuam claramente a estrutura de AbE, mas uma estreita relação. Justamente por se tratar de um conceito novo, muitas vezes esta denominação não aparece em projetos que claramente apresentam ações de AbE no seu escopo (Fundação Grupo Boticário, 2015a). No caso de AbE em zonas urbanas, por exemplo, Brink et al. (2016) revisaram 110 estudos realizados para 112 cidades e, dentre esses, apenas dois foram realizados no Brasil, sendo ambos na cidade do Rio de Janeiro (PBMC, 2017).

Um estudo sobre oportunidades de políticas públicas para adaptação baseada em ecossistemas de acordo com os recortes temáticos do PNA identificou cerca de 100 casos práticos de AbE no mundo, sendo apenas 12 deles no Brasil (Fundação Grupo Boticário, 2015a). Na cidade de Santos, SP, e como parte do Projeto METROPOLE, algumas medidas de adaptação que podem ser consideradas como AbE, propostas pela população das regiões noroeste e sudeste para proteção contra elevação do nível do mar e ressacas

mais intensas, incluem recuperação e restauração de manguezais na zona noroeste e restauração de dunas (Marengo et al., 2017b, c). Esta experiência de sucesso em Santos estimulou aos tomadores de decisões da Prefeitura de Santos, e junto com a Prefeitura de Salvador, e a partir de 2018 o MMA selecionou estas duas cidades como modelos para integrar o Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas ao Plano Municipal de Adaptação à Mudança do Clima. Estas duas cidades costeiras foram as primeiras escolhidas devido a maior vulnerabilidade da zona costeira, já identificadas e registradas em Santos e com o potencial para utilização de AbE para adaptação. Os estudos e ações estão em andamento em conjunto, MMA/GIZ/ Prefeitura Municipal de Santos e Universidades locais, fortalecendo o link ciência-políticas públicas para pensar em um modelo que permita a tomada de decisão cientificamente embasada para a região.

Do ponto de vista das estratégias de políticas públicas, dois exemplos estão sendo considerados na escala local visando subsidiar a escala nacional do PNA (Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, MMA), que são as cidades de Salvador e Santos, conforme mencionado anteriormente. Os estudos, em andamento, pelo MMA, prefeituras dessas duas cidades e agências de financiamento, visam fortalecer a conexão entre ciência e tomada de decisão e, conseqüentemente, o embasamento técnico às decisões.

Do ponto de vista científico, ainda há muito que se fazer em relação ao tema da adaptação às mudanças climáticas baseadas em ecossistemas. O tema é conceitualmente novo e parte da premissa básica que deve haver uma ligação direta entre serviços ecossistêmicos e bem-estar, que nem sempre é demonstrável ou testável (Ojea, 2015). Diante dessa limitação, muitas vezes AbE é tratada como sinônimo de pagamento por serviços ambientais ou como sinônimo de restauração ecológica. Essas duas práticas podem ser exemplos de AbE, desde que de fato conciliem recuperação/conservação da natureza com maior bem-estar social e, adicionalmente, possam ainda implicar em significativo sequestro ou estocagem de carbono. Além disso, há problemas com métricas, o que, em geral, é o caso quando se faz necessário medir variáveis, parâmetros e indicadores referentes a disciplinas diferentes – nesse caso, medidas sociais, econômicas e ambientais – e ainda compreender as relações causais entre elas (Scarano, 2017; ver revisão de estudos e práticas existentes no país em Fundação Grupo Boticário, 2015a).

A lacuna também é grande do ponto de vista político, na medida em que os acordos globais no âmbito das convenções que nasceram na Conferência das Nações Unidas sobre Meio ambiente e Desenvolvimento - Rio-92 (Clima, Biodiversidade e Combate à Desertificação), nem sempre são prontamente aplicáveis a unidades nacionais ou subnacionais. Estudos de adaptação em zonas costeiras como Santos, SP sugerem estratégias de fortificação e reacomodação de populações vulneráveis a elevação do nível do mar e tempestades costeiras intensas (Marengo et al., 2017), porém este representa um esforço local que não pode ser generalizado para todo o Brasil. Da mesma forma, soluções locais de AbE, nem sempre ganham escala para além de um município ou uma unidade de conservação, no caso de Santos esta opção foi definida na forma de recuperação de manguezais. Hoje, no Brasil, o conjunto de ações que pode ser enquadrado como AbE é amparado por compromissos internacionais firmados pelo país (Acordo de Paris, UNFCCC; Metas de Aichi, CBD; Objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU), mas também por políticas e legislação nacional (como a Lei de Proteção à Vegetação Nativa, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, o recente Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, e o Plano Nacional de Restauração da Vegetação Nativa). O estudo de caso de Santos e o Plano Municipal de Adaptação às Mudanças Climáticas, desenvolvido após do projeto METROPOLE podem ser integrados para a Agenda da década dos oceanos. Somados, esses vários mecanismos dão uma sólida sustentação legal e política ao que, se devidamente aplicado, poderia ser, provavelmente, o maior programa de adaptação às mudanças climáticas baseada em ecossistemas no mundo: conservação e restauração de ecossistemas para melhorar o bem-estar das pessoas, o que, ao mesmo tempo, adapta a sociedade aos efeitos das mudanças climáticas e mitiga a emissão de GEE (Scarano, 2017). Não surpreende, portanto, que o Brasil tenha sido recentemente classificado como um dos cinco países com maior sinergia entre políticas de adaptação e mitigação (Duguma et al., 2014).

O cenário que se desenha com as mudanças climáticas, com climas mais secos e quentes no Nordeste e com tendências à aridificação, coloca a questão acerca de como a Caatinga será afetada. Após muitos planos de ação, projetos e estudos sobre secas no semiárido do Nordeste, as políticas hídricas não transformaram

o semiárido brasileiro numa região adaptada aos extremos da variabilidade do clima (Marengo et al., 2018). Esses mesmos autores sugerem que os governos estaduais do Nordeste e federal implementem estratégias político-institucionais para promover a gestão sustentável da seca, no contexto de possíveis mudanças climáticas.

Ainda quanto ao semiárido brasileiro, o caso da transposição do Rio São Francisco permanece controverso. Por um lado, tem se mostrado em parte eficiente na mitigação da crise hídrica na Paraíba, fornecendo água para o reservatório de Epitácio Pessoa. Contudo, as populações difusas que moram ao longo do canal de distribuição não podem usar esta água, continuando assim numa situação de risco. A viabilidade e o impacto de longo prazo do projeto vêm sendo questionado tanto em si, como do ponto de vista de adaptação (Lemos et al., 2016). Ainda que a transposição e o programa de carros pipas pudessem ser considerados medidas de adaptação, atacam somente a falta de água, muitas vezes paliativamente, ao invés de gerarem mecanismos de adaptação à sobrevivência com pouca água, e talvez sejam maladaptação (**ver Glossário**), pois não ajudam no longo prazo a gerar resiliência das populações do semiárido às crises hídricas. Por exemplo, os estados ainda não têm planos de adaptação às mudanças do clima, embora alguns já tenham leis.

As pesquisas da Embrapa, especialmente da Embrapa Semiárido, voltadas para identificar sistemas de produção mais resistentes às secas, ou para identificar culturas que utilizam menos água (como a palma), podem ser consideradas como estratégias de adaptação (Marengo et al., 2017a; 2018). Atividades como monitoramento dos recursos hídricos e previsões sazonais do clima são medidas que podem ser consideradas como adaptação, pois são dirigidas para redução de risco de desastres naturais, neste caso, a seca.

Kasecker et al. (2017) encontraram 397 municípios brasileiros que combinam alta cobertura vegetal, alto nível de pobreza, e alta exposição às mudanças climáticas. Esses municípios estão principalmente localizados na Amazônia, no Cerrado e na Caatinga. Esse artigo propõe que uma abordagem de AbE conciliando conservação da biodiversidade e dos ecossistemas com ações de melhoria de condições socioeconômicas é essencial para reduzir a vulnerabilidade climática nesses municípios.

Em paralelo, o Brasil também tem municípios que perderam uma parte significativa de sua cobertura vegetal e tem uma grande parcela da população em estado de pobreza, como visto em exemplos na Mata Atlântica (Pires et al., 2017; Rezende et al., 2018) e na Amazônia (Silva & Prasad, 2017). Isso cria uma lacuna de restauração que é ecoada no compromisso do Brasil ao Acordo de Paris de restaurar 12 milhões de hectares até 2030, e é apoiada pelo novo código florestal, que torna mandatória a restauração de dívidas dentro de propriedades rurais privadas (Scarano, 2017). No entanto, ações de restauração são onerosas. Tanto para a conservação como para a restauração, mecanismos de incentivo serão necessários para se alcançar a escala necessária e cobrir custos de implementação (Kasecker et al., 2017; Strassburg et al., 2017; Vieira et al., 2018).

Nas zonas costeiras, onde quase 70% da população encontra-se (PBMC, 2016a, b), existe um conflito urbanização, portos, vegetação costeira e Unidades de Conservação. O aumento da frequência e intensidade de tempestades, detectado nas últimas décadas, vem impactando a zona costeira na forma de ressacas e chuvas mais intensas, que afetam biodiversidade e populações, estruturas urbanas e perda habitat. No estudo de PBMC (2016b) foram avaliados estes impactos em Santos, Recife, Fortaleza, Salvador, Rio de Janeiro e o Vale do Itajaí. Estudos como este do PBMC, assim como as ações do PNA e o Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa - Procosta do MMA permitem identificar formas como os ODS 13 e 14 estão sendo abordados na agenda ambiental do Brasil.



CAPÍTULO 4: POTÊNCIA AMBIENTAL DA BIODIVERSIDADE: UM CAMINHO INOVADOR PARA O BRASIL

4.1 TEMPO

Expectativas acerca do Brasil vir a se tornar uma ‘superpotência verde’ ou ‘superpotência da biodiversidade’ têm sido manifestadas com relativa frequência na literatura científica ao longo dessa década (UNDP, 2010; Scarano et al., 2012; Loyola, 2014; Nobre e Nobre, 2018). Essas expressões por vezes denotam um fato atual relacionado à riqueza natural existente em potencial, porém ainda grandemente desconhecida e não realizada, e, em outras vezes, uma visão de futuro, na qual a natureza conservada possa ter seu valor expresso em termos econômicos. Este potencial econômico (e social) traduz-se pela geração de prosperidade e bem-estar majoritariamente para aqueles que dela dependem diretamente, como povos locais e indígenas, mas também gerando inúmeras oportunidades de negócios, inclusive para o agronegócio. Este potencial torna tangível o capital natural e o bem-estar que essa natureza gera para a população brasileira e até mundial e destaca a importância de seu uso sustentável.

Entre o fato atual e o futuro plausível e desejável existe o tempo. Esse capítulo remete à Figura 1.1 e parte do princípio que ações imediatas e ao longo do ‘presente estendido’ (período que propomos que se estenda de hoje a 2030) irão pavimentar o caminho para o ‘futuro plausível e desejável’ do Brasil como potência verde da biodiversidade (a partir de 2030). Para isso, assumimos que o Brasil e o planeta seguirão o cenário SSP1 (ver Capítulo 1, item 1.2, e **Glossário**), ou a trajetória ascendente da Figura 1.1. Dessa forma, o tratamento que esse capítulo dá ao futuro é otimista, porém pragmático, na medida em que procura discutir opções de política, governança e ação coletiva e individual, que possam conduzir a esse futuro desejável. Assim, o Capítulo está dividido em dois grandes tópicos, um trata do tempo atual e próximo, que chamamos de presente estendido (4.2), cujo cumprimento é provavelmente um pré-requisito para o futuro plausível do Brasil como potência verde da biodiversidade, que é tratado pelo segundo tópico (4.3).

4.2 PRESENTE ESTENDIDO: O CAMINHO PARA A SUSTENTABILIDADE

A Figura 4.1 apresenta um subgrupo do conjunto de acordos globais firmados pelo Brasil e políticas nacionais que, até certo ponto, espelham tais compromissos internacionais. As políticas selecionadas na maior parte das vezes têm desenho setorial como política ambiental (quer seja de biodiversidade ou de clima) e, em alguns casos, são políticas que integram preocupações de viés ambiental com setores produtivos, como no caso da agropecuária. Reconhecidamente, no Brasil e nas Américas, persiste o desenho de políticas com caráter setorial, que tratam meio ambiente e desenvolvimento como setores distintos (Scarano et al., 2018a, b). Para a consolidação de uma trajetória sustentável para o Brasil, um primeiro importante e urgente passo será o de integrar políticas setoriais, ou minimamente criar ‘misturas de políticas’ ambientais com as de desenvolvimento econômico (*policy mixes*; ver **Glossário**), pois efetivamente qualquer política de sustentabilidade é transversal por princípio.

Para vislumbrarmos como seria possível fundir ou combinar políticas ambientais com políticas de desenvolvimento econômico, é pertinente um paralelo com a taxonomia proposta por Locatelli et al. (2015). No debate acerca das interfaces entre mitigação, adaptação e desenvolvimento sustentável no âmbito das mudanças climáticas, esses autores julgam existir três tipos de política: (1) de resultados convergentes; (2) de efeitos colaterais não intencionais; e (3) de objetivos conjuntos. Basicamente, o primeiro tipo diz respeito a políticas sem objetivos voltados para o combate às mudanças climáticas, mas cuja realização acaba por ter efeito positivo sobre mitigação ou adaptação. O segundo tipo prevê casos onde ações mitigadoras tem efeito positivo sobre adaptação ou vice-versa. No terceiro caso, objetivos de mitigação e adaptação são traçados de forma conjunta. Traçando um paralelo dessa taxonomia com a relação entre políticas setoriais ambientais e de desenvolvimento econômico, propomos que existam políticas tipo (1), sem ter alvo direto no desenvolvimento ou no ambiente, mas que alcancem resultados convergentes: por exemplo, políticas de educação, que acabam por resultar em ações ambientais e de desenvolvimento econômico em bases mais

sustentáveis a médio e longo prazos, que por sua vez teriam impacto positivo sobre biodiversidade e clima (Monasterio et al., 2014). Existem também políticas tipo (2), com foco em meio ambiente, que podem ter impacto positivo sobre o desenvolvimento sustentável e vice-versa. Por exemplo, unidades de conservação no Brasil, originalmente desenhadas para conservação da biodiversidade, protegem 80% dos recursos hídricos que alimentam reservatórios para geração de energia elétrica (Medeiros & Young, 2011). Por fim, políticas do tipo (3), que integram desenvolvimento econômico e meio ambiente sob uma ótica de sustentabilidade também existem, ainda que em menor quantidade, como o Programa Bolsa Verde, que através de um benefício ainda que simbólico no valor de R\$ 300,00 repassado às famílias beneficiárias, reconhece o papel dos povos das florestas e populações rurais, ainda que seja considerado um sistema de redução de pobreza (e, portanto, desenvolvimento humano), baseado em um incentivo financeiro para habitantes rurais que conservam a natureza em suas propriedades (Kasecker et. al. 2018). Contudo, os projetos de PSA para valoração de serviços ambientais em alguns municípios do país pagam por manutenção de florestas para proteção de mananciais de abastecimento, sendo o valor bem maior do que o benefício do Programa Bolsa Verde. Muitos municípios também possuem uma grande redução no valor do imposto urbano IPTU para quem conserva áreas de biomas nativos em suas propriedades periurbanas ou urbanas, como é o do caso da prefeitura de Vitória⁵, ES, que permite a isenção total ou parcial de, no mínimo, 50% no valor do imposto, e deve ser requerido à Secretaria de Meio Ambiente.

Enquanto políticas integradas de sustentabilidade, que contemplem desenvolvimento socioeconômico em bases ambientalmente sustentáveis, não são criadas, as ‘misturas de políticas’, são de grande relevância. As ações de adaptação às mudanças climáticas baseadas em ecossistemas são um exemplo típico de mistura de política (Figura 4.2; Scarano, 2017).

⁵Prefeitura de Vitória. Veja quem tem direito à isenção e redução do IPTU: <http://www.vitoria.es.gov.br/cidadao/veja-quem-tem-direito-a-isencao-e-reducao-do-iptu>

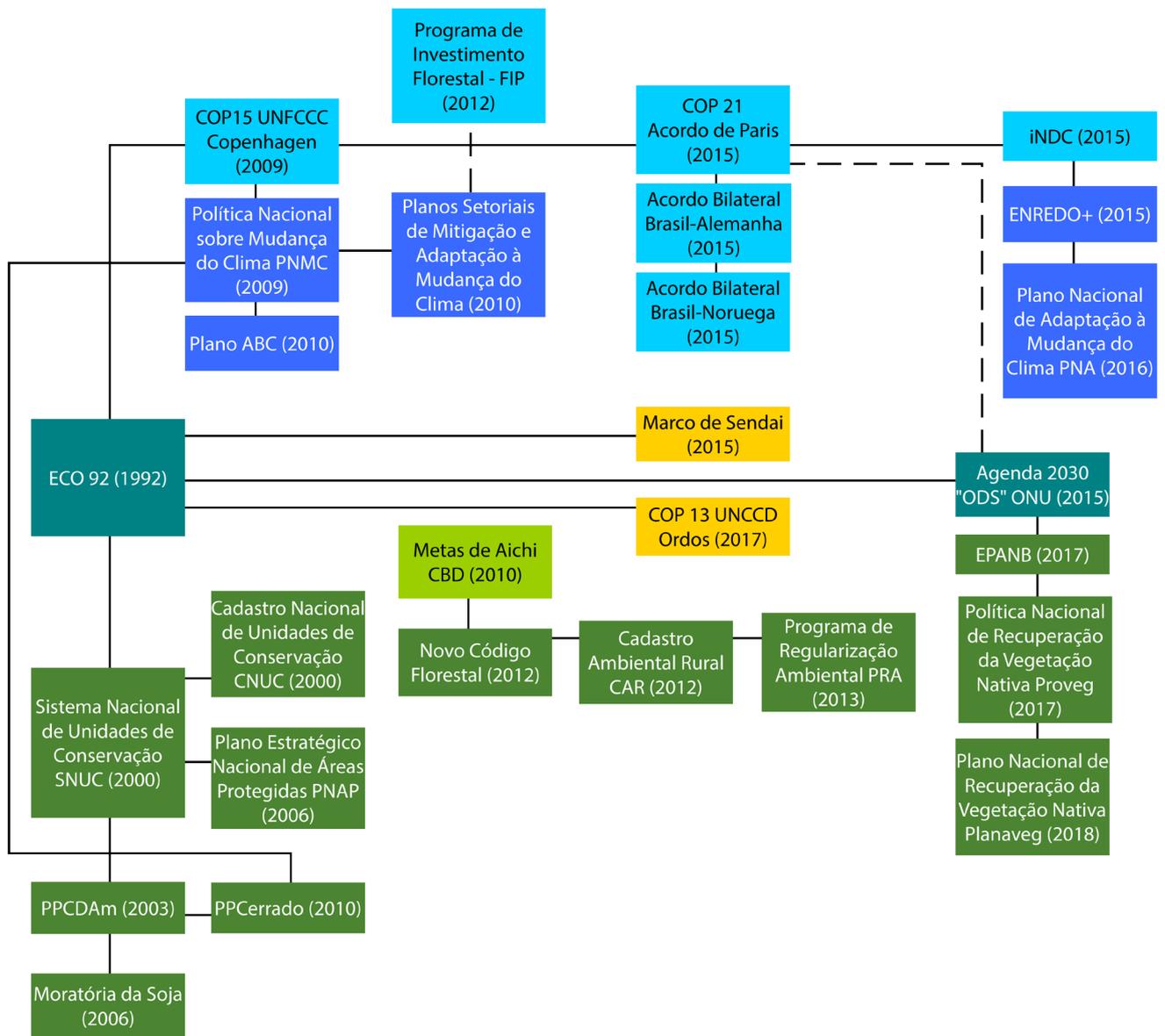


Figura 4.1. Panorama histórico das principais políticas internacionais (tons claros) e nacionais (tons escuros) de viés predominantemente setorial, ambiental, ligadas ao clima (azul) e/ou à biodiversidade (verde), que se encontram na agenda de desenvolvimento sustentável brasileira. Políticas destacadas em amarelo mencionam em seus escopos tanto o clima como a biodiversidade, porém são acordos delineados por agendas distintas, e também compõem a agenda global para o desenvolvimento sustentável. Linhas inteiras representam influência direta na criação dos acordos e políticas ou entre os seus objetivos, e linhas pontilhadas representam influência indireta entre os mesmos. Ver Glossário.

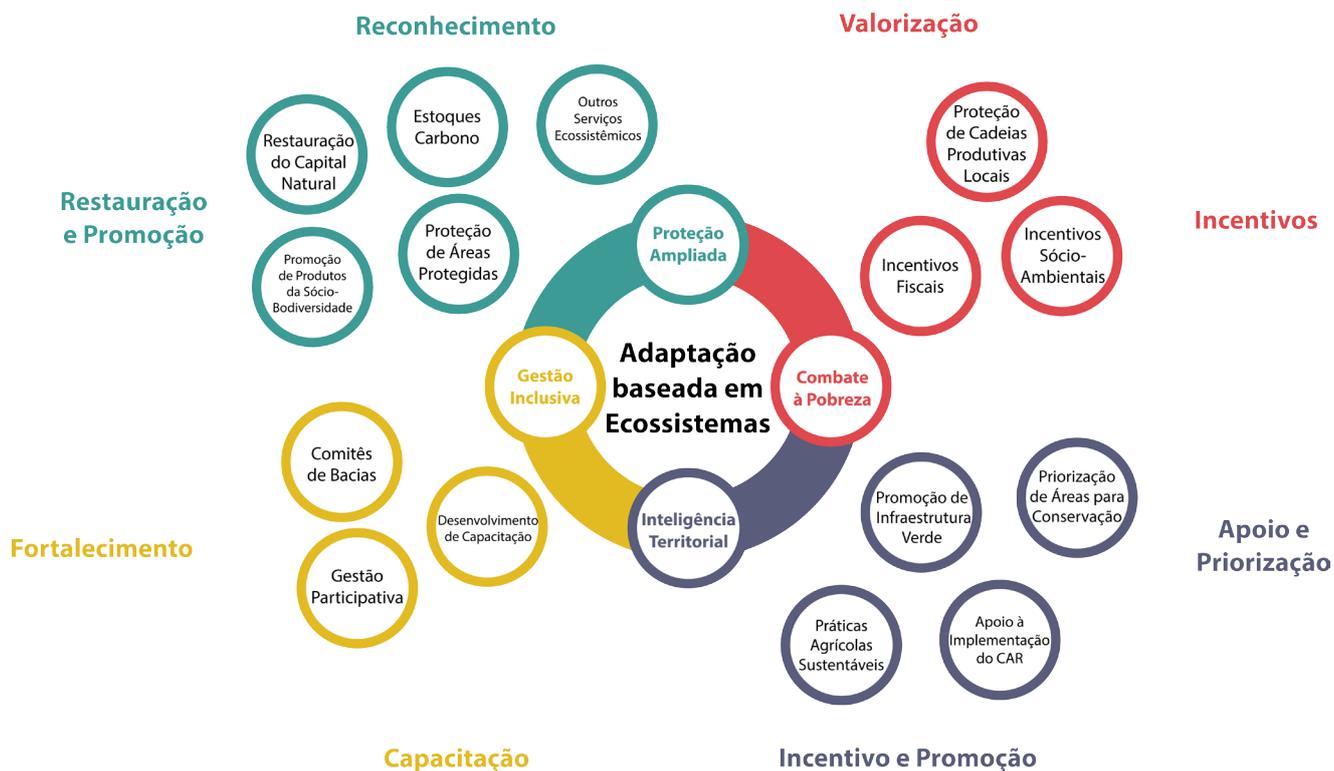


Figura 4.2. Um típico planejamento para adaptação às mudanças climáticas envolve componentes de políticas de redução de pobreza, de infraestrutura e uso da terra, de fortalecimento da governança e de conservação da biodiversidade (gentilmente cedida por Thais P. Kasecker)

Uma proposta nesses moldes para o desenvolvimento sustentável no Cerrado, também prevê uma mistura de políticas. Strassburg et al. (2017) projetaram que, em um cenário 'business-as-usual', a combinação de reduzida proteção dos recursos naturais e aumento da pressão para expansão da fronteira agrícola implicaria uma remoção de 31 a 34% do cerrado remanescente até 2050, o que significaria a extinção de cerca de 480 espécies de plantas endêmicas (que representa impressionantes três vezes toda a extinção de espécies desde 1500) e uma emissão de CO₂ cerca de 2,5 vezes maior que toda a emissão na Amazônia entre 2005 e 2013. A mistura de políticas proposta por esses autores para reverter o quadro e promover um Cerrado produtivo e sustentável se baseia inteiramente na ação convergente de políticas já existentes, ainda que propostas de intensificação sustentável da agricultura de grãos em escala industrial e da pecuária extensiva possam ser suscetíveis ao chamado Paradoxo de Jevons, onde o aumento da produtividade atrai crescentes capitais, o que acelera a exploração intensiva do recurso natural (Whitmere et al., 2015). Propostas análogas em termos de misturas de políticas para o alcance da sustentabilidade também já foram apresentadas para biomas como a Caatinga (Tabarelli et al., 2018), a Mata Atlântica (Scarano & Ceotto, 2015) e a Amazônia (Nobre et al., 2016). Se essas perspectivas apontam para passos que potencialmente consolidariam uma mudança no paradigma de desenvolvimento em áreas rurais ou florestais desses biomas, alguns estudos apontam para a necessidade de iniciativas análogas em ambientes urbanos e marinhos, especialmente o potencial da biodiversidade de zonas costeiras.

Para a implementação de transformações como essas preconizadas acima, não bastarão apenas novas boas políticas, nem eficientes combinações de políticas já existentes. Tais políticas precisarão (1) ter caráter regulatório cumprido através de ações de controle; e/ou (2) contar com mecanismos de incentivo financeiro, técnico ou em outros formatos nos casos onde tais ferramentas sejam imprescindíveis; e/ou (3) ter seu desenho e implementação pautados por princípios éticos de direitos humanos e também da chamada 'ética da responsabilidade' do filósofo alemão Hans Jonas (1903-1993), que se pauta também pela responsabilidade com seres "sem voz", sejam eles humanos de futuras gerações ou seres não humanos (Jonas, 2017; Scarano,

2018; Scarano et al., 2018); (4) ser monitoradas usando uma metodologia bem definida que permita uma avaliação séria e implementação embasada de ajustes, se e quando necessário. Entretanto, as políticas atuais de desenvolvimento sustentável do país enxergam pouco a biodiversidade como fator econômico e veem principalmente a necessidade de áreas intactas de proteção da biodiversidade e o papel de florestas para armazenamento de carbono, importante solução natural para mitigar as mudanças climáticas. Há que se pensar disruptivamente sobre o papel da biodiversidade.

4.3 FUTURO SUSTENTÁVEL: BRASIL POTÊNCIA AMBIENTAL DA BIODIVERSIDADE

Reduzir os riscos da perda de biodiversidade e do aquecimento global serão importantes vetores para o desenvolvimento sustentável do país, desde que - além dos avanços políticos tratados no item 4.2 - se busque o avanço científico e inovações, de base tecnológica ou não, aliados a mudanças de comportamento. Novos produtos, novos processos e novas práticas não aparecem subitamente. Eles se baseiam em aplicações inovadoras de princípios científicos, em concepções originais e esforços coletivos. Portanto, o país que pretende avançar e se desenvolver necessita proporcionar este ambiente criativo multi-, inter- e transdisciplinar, uma vez que a inovação não requer apenas cientistas (Jahn et al., 2012). Vannevar Bush, professor do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) que em 1931 criou o primeiro computador analógico, dizia que uma nação que precisa de outras para novos conhecimentos científicos básicos será morosa em seu progresso. Esta afirmação mostra a importância das áreas de ciência, tecnologia e inovação no desenvolvimento das nações e melhoria do bem-estar da sociedade. Um país com sólida base científica e capacidade de inovação tecnológica é mais resiliente e inclusivo, apresenta maior produtividade, melhores empregos e mais riqueza, especialmente no aproveitamento sustentável de seu potencial da biodiversidade terrestre e aquática.

No entanto, para que o Brasil tenha sucesso, os sistemas econômicos precisam ter como objetivo a melhoria das condições globais de vida e bem-estar ao invés do mero crescimento no fluxo de bens e serviços de curto prazo, inviabilizando a prosperidade futura sustentável. Essa transformação envolve incorporar os custos ambientais, tanto em relação aos insumos utilizados no processo produtivo, no processo em si e no uso final dos produtos e serviços.

Com a crescente percepção mundial acerca da importância da descarbonização e da manutenção da biodiversidade, a incorporação destas práticas no modelo de desenvolvimento e industrialização de cada país deverá ser uma questão de tempo. A descarbonização será provavelmente a transformação tecnológica mais acelerada dos últimos séculos, até mesmo a revolução digital está alinhada com ela. O Brasil deve decidir se quer ser protagonista ou coadjuvante neste processo. E a velocidade das mudanças tende a ser cada vez maior. Nesse sentido e, para esse fim, a velocidade de ação associada às enormes vantagens comparativas de ser o país mais biodiverso do mundo e abundante em recursos naturais, poderão colocar o Brasil numa posição de liderança mundial. O custo da inação é o de se manter estagnado na posição atual de importador de bens e serviços de alto valor agregado, ficando a reboque de economias que se modernizaram.

4.3.1 OS DESAFIOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL

Os desafios para alcançar o desenvolvimento sustentável no Brasil podem ser genericamente classificados em três categorias, de forma semelhante à estrutura conceitual estabelecida para a saúde planetária (Whitmere et al., 2015; ver Box 4.1).

Box 4.1 Tipos de desafios para alcançar o desenvolvimento sustentável no Brasil (adaptado da estrutura conceitual estabelecida para a saúde planetária por Whitmere et al. 2015)

Falhas conceituais (desafios da imaginação): o predomínio da visão do Brasil como fonte de bens primários para o mundo e a falta de imaginação para criar caminhos de desenvolvimento alternativos, menos nocivos social e ambientalmente, baseados nos recursos naturais renováveis do país, com valor agregado via inovações tecnológicas para um modelo de desenvolvimento “bioindustrial” socialmente inclusivo, gerando empregos de maior renda;

Falhas de conhecimento (desafios de pesquisa e informação): a vigente redução do volume de recursos para instituições de pesquisa, investimentos insuficientes em pesquisa e desenvolvimento pelo setor privado e falta de pesquisas inovadoras, por exemplo, para desvendar o valor econômico e social oculto dos ativos biológicos; um ‘modelo tropical de desenvolvimento’;

Falhas na implementação (governança e desafios políticos e falhas de capacidade empreendedora): a falta de reconhecimento de sucessivos governos dos riscos das políticas de desenvolvimento atuais e passadas e a implementação ineficiente de uma economia diversificada por atores públicos e privados, e até mesmo a falha em compartilhar mais equitativamente os benefícios da atual economia intensiva em recursos naturais, reduzindo as desigualdades sociais e de renda.

A percepção de “potência ambiental” no Brasil muitas vezes é relacionada à possibilidade de uma crescente produção agropecuária que garanta segurança alimentar em escala global, principalmente em função dos vastos recursos hídricos e de energias renováveis, terras e clima adequados no Brasil. Este modelo, intensivo em recursos naturais primários voltados para exportação, é o que tem predominado no país nas duas últimas décadas, levando ao aumento da produção de bens primários e perda de indústrias. Historicamente, a falha conceitual da falta de imaginação do Brasil em se enxergar como potência tropical da biodiversidade e buscar desenvolver uma bioeconomia amparada na diversidade de espécies da biodiversidade terrestre e aquática, fez de fato o país desenvolver uma agricultura e silvicultura quase que totalmente baseadas em culturas agrícolas importadas: pouquíssimas espécies da enorme biodiversidade brasileira são aproveitadas em escala econômica relevante. Por exemplo, até recentemente, a silvicultura no Brasil utilizava quase que exclusivamente somente duas espécies exóticas em escala industrial para produtos madeireiros, que ocupam 98,5% da área de florestas plantadas com fins industriais. Espécies arbóreas nativas (e.g., paricá, araucária, etc.) representam apenas 1,5% da área total plantada (Rolin e Piotto, 2018). Isso reflete falta de imaginação para concebermos um modo tropical de desenvolvimento, onde ativamente buscássemos, através de ciência, tecnologia e inovações nacionais, aproveitamento de nossa incomparável biodiversidade.

Uma nova bioeconomia poderá ir muito além de considerar biomassa como matéria prima para gerar bioenergia em escala, como no caso dos biocombustíveis. Em princípio, é possível desenvolver uma potente bioeconomia baseada nos ativos biológicos e biomiméticos da biodiversidade tropical para a geração de um sem-número de novos produtos, processos e conhecimentos, com expressão econômica significativa (Nobre e Nobre, 2018).

A Quarta Revolução Industrial em curso em velocidade sem precedentes integra as tecnologias digitais, biológicas e físicas, no rol das biotecnologias, nanotecnologias e automação e deverá ser elemento central para a obtenção de valor econômico para este novo modelo de exploração sustentável da biodiversidade tropical. No século do conhecimento, o conhecimento biológico e biomimético das espécies de plantas e animais tem potencialmente valor econômico incalculável.

Este desafio de criar uma inovadora bioeconomia baseada na biodiversidade e que assegure a manutenção dos sistemas naturais passa inicialmente pela sua valorização cultural, isto é, a nação deve desejar tornar-se uma “potência econômica da biodiversidade”, um conceito bem mais amplo—e mais difícil de ser implantado—do que aquele de uma “potência ambiental”. De fato, a história mundial carece de um exemplo de um país desenvolvido na categoria de “potência ambiental” ou de uma “potência econômica da biodiversidade”. Correntemente, países desenvolvidos o são principalmente devido à industrialização

como alavanca essencial ao desenvolvimento. Países em desenvolvimento normalmente copiam modelos bem-sucedidos de desenvolvimento de outros países. Como não há nenhum país tropical com mega biodiversidade que tenha atingido pleno desenvolvimento, há que se inventar este novo modelo, em que a industrialização do potencial econômico da biodiversidade seja um dos pilares principais de rotas sustentáveis de desenvolvimento.

4.3.2 OS BONS EXEMPLOS

A comunidade científica brasileira aliada ao setor privado inovador devem liderar a geração do conhecimento para o aproveitamento econômico sustentável de nossa riqueza biológica através de pesquisas básicas e aplicadas focadas em inovação e invenção de novos usos para substâncias e moléculas, processos metabólicos, diversidade molecular e bioquímica, novos produtos e processos para bioindústrias (farmacêutica, cosmética, alimentícia, industrial, agro, etc.), aproveitamento de resíduos, mapeamento a nível de genoma das espécies, biomimética, todos de enorme valor presente e incalculável valor futuro. A rápida viabilização tecnológica e econômica das energias renováveis e distribuídas como a energia solar fotovoltaica e a energia eólica deverão ser vetor para a necessária agro-bio-industrialização no vasto território nacional, além dos biocombustíveis para o transporte, criando milhares de bioindústrias espalhadas e gerando empregos de qualidade.

Há poucos, mas importantes exemplos de exploração econômica do potencial biológico e biomimético da biodiversidade tropical atingindo grande escala. Temos o conhecido exemplo do açaí. Até recentemente um produto entre milhares de produtos da biodiversidade Amazônica consumido localmente, alcançou mercados mundiais, diversificou-se em dezenas de produtos derivados e gera receitas para a Amazônia de mais de 1,5 bilhões de dólares anualmente (Xapuri Socioambiental, 2018). O exemplo do açaí pode ser multiplicado por 10 ou por 100 dependendo do esforço de transformação - com as ferramentas tecnológicas da Quarta Revolução Industrial cada vez mais acessíveis - dos ativos biológicos e biomiméticos em produtos, processos e conhecimento para uma poderosa e socialmente inclusiva geração de milhares de bioindústrias no Brasil.

Nesse sentido, o setor de construção civil é uma outra área que merece atenção em relação a novas opções relacionada à escolha de materiais para a própria construção. São inúmeras as possibilidades de emprego de biomateriais, como o bambu por exemplo (PBMC, 2018). O Brasil também é mega diverso com respeito às espécies de bambus: existem 200 espécies (165 endêmicas) entre as 1300 espécies de bambus de todo o mundo (Drumond e Wiedman, 2017). Por conta de suas excelentes propriedades mecânicas, o bambu se torna uma excelente alternativa para o desenvolvimento de materiais de construção. Por consumir grandes quantidades de matérias-primas naturais, a construção civil constitui-se num setor econômico estratégico para essa destinação. O desenvolvimento da indústria do bambu para as construções resultará na geração de emprego e renda e na inclusão social das comunidades da floresta, aumentando a sua qualidade de vida e gerando uma economia verde e sustentável. Deve-se ressaltar ainda que quando produtos de bambu são adequadamente projetados e utilizados nas edificações, aumentam o conforto térmico e, conseqüentemente, a eficiência energética das edificações, o que contribuirá para a redução das emissões de CO₂ da indústria da construção (PBMC, 2018). As florestas de bambu têm grande capacidade de absorver CO₂ por conta da elevada produtividade (30 a 40 t de massa seca/ha), rápido crescimento (que pode superar 10-20 cm ao dia, dependendo da espécie), curto período de tempo para o corte dos colmos (3 a 6 anos) e por não ser necessário fazer um novo plantio a cada corte, já que novos colmos crescem naturalmente no lugar dos colmos cortados (PBMC, 2018).

Um outro desafio deste modelo inovador de bioeconomia a partir da biodiversidade é a questão da inclusão da maioria pobre dos agricultores brasileiros no processo, incluindo comunidades tradicionais, pescadores e ribeirinhos costeiros e de águas interiores. Há necessidade de desenvolver—sem que para isso seja preciso desmatar e expandir as fronteiras de commodities agrícolas existentes—uma agricultura

apropriada para resgatar da pobreza cerca de 25 milhões de agricultores das classes D e E, os quais ocupam 109 milhões de hectares em 3,6 milhões de estabelecimentos—70% das propriedades agrícolas do país, mas respondem por menos de 10% do valor bruto da produção, em oposição aos agricultores das classes A, B e C, que ocupam 190 milhões de hectares e respondem por mais de 90% do valor da produção nacional.

Recentemente, o pesquisador da Embrapa Elíbio Rech destacou o papel da biodiversidade⁶: *“Essa nossa agricultura desenvolvida existe não somente em função do uso de ciência e tecnologia, mas também por causa da biodiversidade. Ela que fornece e dá o equilíbrio para todos os recursos aquíferos, proteção do solo, estabilidade climática, reciclagem do solo e nutrientes, biomas e ecossistemas”*.

O aproveitamento econômico sustentável da biodiversidade se ajusta à perfeição com um papel preponderante para a pequena e média propriedade, sistemas agroflorestais, associações e cooperativas de pequenos produtores, mas que façam uso de ferramentas eficientes de agregação de valor aos produtos da biodiversidade. Ainda que em pequeno número, há exemplos em todas as regiões do país de associações e cooperativas de produtores de produtos da biodiversidade onde predominam agricultores que atingiram a classe C, isto é, o primeiro nível da classe média, necessário ao objetivo maior de construir um país de classe média.

Políticas públicas de redução da pobreza rural no Brasil são intrinsicamente complexas, dependem de aperfeiçoamentos democráticos de bom uso de recursos públicos e de uma nova classe política que represente os interesses deste grande contingente populacional. São requeridos educação de qualidade, atenção à saúde, segurança alimentar, meio ambiente não degradado e incentivos econômicos para atividades produtivas sustentáveis. Entretanto, mesmo com otimismo de aguardar tais aperfeiçoamentos na ainda frágil democracia brasileira, sem agregar conhecimentos e práticas eficientes da extração de valor da biodiversidade brasileira, dificilmente uma inovadora bioeconomia irá florescer. Em resumo, novos conhecimentos e tecnologias são condições necessárias, mas não suficientes para assegurar sucesso deste novo modelo inovador para o setor agro-bio-industrial nacional e devem acompanhar *pari passu* as políticas públicas de equidade social e sustentabilidade.

A transição para uma economia nacional baseada no uso sustentável de sua biodiversidade - em oposição à escolha de desenvolvimento ora em ação, focada em grande medida na produção agropecuária de baixo valor agregado e que vem destruindo o seu próprio sustentáculo, ou seja, a biodiversidade - requererá investimentos significativos. A seguir, propomos algumas fontes possíveis, não exaustivas, de financiamento para o desenvolvimento da bioeconomia brasileira.

4.3.3 SUBSÍDIOS PARA A TRANSIÇÃO

A análise e redirecionamento dos subsídios hoje concedidos no país e que têm efeitos perversos do ponto de vista ambiental e social seria uma das fontes de recursos para essa transição. Subsídios são mecanismos de incentivo à produção que são muitas vezes necessários, mas devem ser planejados como mecanismos temporários para impulsionar determinado(s) setor(es). No entanto, além de muitas vezes se perenizarem, alguns subsídios em vigor hoje no país são um contrassenso num planeta que sofre as consequências das mudanças climáticas. É o caso, por exemplo, dos incentivos aos combustíveis fósseis. Segundo INESC (2018), entre 2013 e 2017, a média anual de subsídios para combustíveis fósseis no Brasil foi da ordem de R\$ 68,6 bilhões, ou seja, 1% do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Adicionalmente, estudos recentes sugerem que o Brasil gasta muito com políticas de apoio a empresas para as quais não há verificação de impacto positivo (Banco Mundial, 2018; BID, 2017). Somente no nível federal, cerca de R\$ 267 bilhões, representando em torno de 4,5 por cento do PIB, foram gastos em 2015 em uma combinação de isenções fiscais, créditos subsidiados e transferências para indústrias e empresas específicas (Banco Mundial, 2018). Uma análise criteriosa dos efeitos dos incentivos, isenções, etc. ora em vigor é fundamental para

⁶Manifestação de Elíbio Rech, em novembro de 2017, em sessão da Comissão de Agricultura e Reforma Agrária do Senado Federal.

uma alocação mais eficiente dos recursos e poderia revelar somas significativas de recurso para financiar o desenvolvimento da bioeconomia com base na biodiversidade.

Uma outra fonte a ser considerada seria a precificação do carbono (*Ver Glossário*). Na medida em que aumenta a competitividade de meios de produção menos emissores de gases do efeito estufa, a medida ajuda a direcionar a transformação econômica desejada. Nesse contexto, o decreto de 2010 que regulamentou a Política Nacional sobre Mudança do Clima previa a criação do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões. No entanto, a criação não aconteceu e por isso medidas de precificação de carbono no Brasil ainda não tiveram início. É preciso que se avance nessa direção.

As duas avenidas para provisão de recursos financeiros em nível nacional mencionadas requereriam alterações estruturais profundas para o país. O Brasil vive um momento delicado: uma crise política e a maior crise econômica de sua história recente. Enquanto é possível que considerem esse um momento por demais conturbado para se pensar em uma mudança tão radical quanto a guinada em direção a uma bioeconomia, nossa visão é exatamente contrária. Mudanças estruturais são, muitas vezes, mais viáveis em situações de crise, momentos em que a objeção ao risco tende a ficar reduzida. Em um relatório sobre o efeito da crise financeira de 2008 sobre seus países membros, por exemplo, OCDE (2012) conclui que a crise evidenciou a necessidade e foi motor para algumas reformas estruturais importantes em países da União Europeia. A crise que vivemos atualmente pode, também, ser uma oportunidade para fazermos uma análise profunda do projeto de país que queremos e traçar um caminho rumo a este projeto.

SEEG (2018) sugere a definição de uma nova governança climática do Brasil, em âmbito federal, que seja orientada pela ciência e que reflita o novo momento da agenda climática global e os compromissos do país junto ao Acordo de Paris. Adicionamos a sugestão de que seja não apenas uma governança climática, e sim uma governança climática e de biodiversidade, necessária à criação de tal instância de direcionamento de propostas para a viabilização e implementação de um novo modelo de desenvolvimento para o país que o permita tornar-se a potência ambiental da biodiversidade que nos parece ser sua vocação natural.

Para além do horizonte nacional, Dinerstein *et al.* (2017) recentemente propuseram um acordo global - complementar ao Acordo de Paris - que teria por finalidade conservar 50% da biodiversidade terrestre até 2050, com um custo estimado em US\$ 80 bilhões por ano. Com base nesta proposta de acordo global pela biodiversidade, Barbier *et al.* (2018) avançaram ideias sobre como tal acordo poderia ser financiado. Resumidamente, os últimos autores apontam para o fato de que o financiamento de governos, seja direto ou por agências bi e multilaterais, não tem sido nem será suficiente para prover os recursos necessários para colocar tal acordo em funcionamento, e sugerem a participação significativa do setor privado no financiamento deste acordo. Se tal compromisso global fosse efetivamente criado, o Brasil seria potencialmente destinatário de uma parcela consequente dos fundos. Nessa perspectiva, uma parcela dos recursos financeiros advindos do fundo global ligado ao acordo alocados no país poderia, também, ser revertida em investimentos para o desenvolvimento e fortalecimento da bioeconomia da biodiversidade.

Neste caminho, o Brasil aproveita suas vantagens comparativas e se desenvolve aliando a biodiversidade com a necessidade mundial de redução das emissões de GEE e aumento de medidas de adaptação aos impactos do aquecimento global.



CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO

Este Relatório resume de modo conclusivo todos os co-benefícios de manutenção dos nossos ainda grandes sistemas naturais, mantendo a biodiversidade, quantificando os muitos serviços ecossistêmicos destes sistemas naturais tanto para a mitigação das mudanças climáticas quanto para a adaptação às mudanças climáticas que já se tornaram inevitáveis. Entretanto, pode-se perguntar se a valorização dos serviços ecossistêmicos, como aqueles ligados ao balanço de carbono ou à adaptação baseada em ecossistemas, é suficiente para mantê-los, isto é, se a valorização do capital natural na forma de serviços ecossistêmicos poderá um dia ser considerada uma mola propulsora da economia nacional, com inclusão social.

Ainda que desejável fosse, as dificuldades de implementação do mecanismo de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal, mais manejo florestal sustentável (REDD+) (do inglês “Reduction of Emissions from Deforestation and Degradation”), da Convenção-Quadro das Nações Unidas de Mudança do Clima (CQNUMC), 10 anos após sua adoção, em escala suficiente de modo a reduzir e eventualmente zerar os desmatamentos das florestas tropicais colocam sérias dúvidas de que tal valorização dos serviços ecossistêmicos tornar-se-á o fator disruptivo necessário à manutenção dos sistemas naturais. Recomenda-se, assim, que se busque um olhar inovador sobre o papel da biodiversidade e a torne um fator disruptivo do modelo econômico tradicional de uso de recursos naturais.

O Box 5.1 resume o panorama do Brasil e o setor de Agricultura e Pecuária,

1. O Brasil é um dos maiores exportadores de produtos agropecuários, ocupa o segundo lugar mundial na produção de carne bovina e de soja, e primeiro na produção de cana-de-açúcar.

2. Cerca de 70% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) do país, em 2016, resultaram de emissões diretas do setor, muito devidas ao desmatamento para expansão da fronteira agropecuária. Entre 45% e 50% das emissões de todos os GEE (CO₂, CH₄ e N₂O, principalmente) provêm da cadeia da produção de carne e laticínios, diferente de outros países com maior emissão devida à queima de combustíveis fósseis. Na próxima década, a produção de proteína animal e grãos deverá crescer 30% para atender à crescente demanda do mercado mundial.

3. O setor é o principal causador do desmatamento no Brasil, que foi o segundo país com a maior perda de cobertura florestal entre 2001 e 2016. O desmatamento representa cerca de 10% das emissões globais de CO₂. As florestas são sumidouros de carbono e, portanto, soluções naturais essenciais para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e até diminuí-las. Removem atualmente cerca de 30% das emissões antropogênicas de CO₂ da atmosfera. Só a floresta Amazônica contribui com cerca de 20% do sumidouro da biota terrestre. Logo, as florestas são estratégicas para o mundo atingir a metas de evitar um aquecimento acima de 2°C e preferencialmente inferior a 1,5°C.

4. Desde 2010, a mitigação das mudanças climáticas através da redução das emissões é política pública para a agricultura nacional, o que tem sistematicamente tornado a taxa de crescimento das emissões menor que o crescimento do valor total da produção. O fator decisivo para uma redução em mais de 35% entre 2005 em 2016 foi a vertiginosa queda em mais de 70% do desmatamento na Amazônia. Isso se deu em paralelo ao crescimento ininterrupto da produção agropecuária da Amazônia, demonstrando o desacoplamento entre produção agrícola total e mudança dos usos da terra. Logo, aumentos de produtividade são a condição necessária para redução das emissões.

5. O Brasil assumiu o compromisso, no Acordo de Paris das mudanças climáticas (2015), de reduzir suas emissões em 43% até 2030 em relação aos valores referenciais de 2005. Este compromisso implica para o setor agrícola reduzir pelo menos à metade as emissões atuais, o que impõe a implementação maciça de tecnologias de baixas emissões. Este desafio é menos tecnológico e mais político e estratégico, ao projetar um modelo de agricultura mais eficiente e menos expansionista.

6. A agricultura brasileira em geral se dá em climas tropicais e subtropicais, próximos dos envelopes climáticos onde a produtividade diminui drasticamente com os aumentos de temperatura, ondas de calor e secas, todos possíveis cenários de mudanças climáticas para o país. Importantes medidas de adaptação são i) o melhoramento de cultivares para aumentar a resistência aos extremos de calor e estresse hídrico, e ii) a adaptação baseada em ecossistemas como foco em restauração da paisagem.

7. À medida que os benefícios climáticos das florestas e dos sistemas integrados lavoura-pecuária-florestas se tornam mais compreensíveis e disseminados, as políticas de uso da terra e agricultura podem ser desenvolvidas para facilitar a adaptação às mudanças climáticas. Um desafio significativo é estabelecer uma abordagem sustentável de manejo que permita ao país manter o desenvolvimento de seu setor agrícola, reduzindo emissões, adaptando-o ao impacto das mudanças climáticas e reduzindo a degradação dos ecossistemas.



CAPÍTULO 6: GLOSSÁRIO

6.1 TERMOS

- **Adaptação (às mudanças climáticas) baseada em ecossistemas (AbE):** Uso da biodiversidade e serviços ecossistêmicos (BSE) como parte de uma estratégia ampla de adaptação a fim de auxiliar pessoas na adaptação aos efeitos adversos das mudanças climáticas (CBD 2009). Em geral, na prática, AbE envolve integrar instrumentos de políticas relacionadas à BSE, com políticas relacionadas ao desenvolvimento socioeconômico. Por exemplo, a combinação de ações de conservação de biodiversidade com políticas de geração de renda, redução da pobreza e/ou mitigação de carbono tem o potencial de reduzir a vulnerabilidade da sociedade às mudanças climáticas e ser, portanto, adaptativo (Scarano 2017).
- **Alterações fenológicas:** Alterações fenológicas correspondem a mudanças e transformações nos ciclos dos seres vivos, principalmente por mudanças na temperatura e precipitação. A Fenologia estuda os fenômenos periódicos dos seres e suas relações com as condições sazonais do ambiente, tais como variações climáticas. Ela influencia a abundância e distribuição de organismos, serviços ecossistêmicos, teias tróficas, e ciclos globais de água e carbono. Alterações em eventos fenológicos tais como florações e migração animal estão entre as respostas biológicas mais sensíveis às mudanças climáticas (USA National Phenology Network).
- **Biodiversidade:** Diversidade biológica/Biodiversidade significa a variabilidade entre organismos vivos de todas as fontes, incluindo, entre outros, ecossistemas terrestres, marinhos e demais aquáticos, assim como dos complexos ecológicos dos quais eles são partícipes. Biodiversidade inclui a diversidade genética, inter e intraespecífica, assim como de ecossistemas (CBD "Use of Terms").
- **Biodiversidade (o estado do planeta):** Decorre de um "Quarteto diabólico" (Diamond 1989), composto por perda de habitat, sobre-exploração, espécies invasoras, e cadeias de extinção. Mais tarde, Thomas et al. (2004) argumentaram que as mudanças climáticas transformariam o quarteto em quinteto, mas a destruição de habitats é ainda a principal causa da extinção de espécies (Baillie et al. 2004).
- **Brasil – atributos favoráveis e desafios relacionados à sustentabilidade:** o país possui uma vasta extensão territorial, abundância de recursos naturais, uma das maiores economias do mundo e é ator central na produção global de alimentos e bioenergia, além de gerar energia em escala comercial a partir de várias fontes de energia renováveis (solar, eólica, hidrelétrica). Quanto à biodiversidade, por exemplo, estima-se que existam no território brasileiro mais de 45 mil espécies vegetais, sendo mais de 8 mil arbóreas (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>). Estas espécies evoluíram sob condições climáticas e edáficas bastante distintas, dos trópicos úmidos passando por regiões semiáridas tropicais ou acentuadamente sazonais, áreas sazonalmente alagadas, até climas mais temperados e de altitude. Portanto, a variabilidade edafo-climática gerou numerosas famílias, gêneros e espécies com milhares de variações em todas as suas características. Seria, assim, bastante improvável que inúmeras destas distintas características não pudessem encontrar utilidade e aplicação para o Homo sapiens. Em paralelo a toda essa riqueza, por outro lado, o país possui problemas sociais estruturais históricos, profundas desigualdades, urbanização caótica, cidades violentas, e grandes diferenças regionais, com grandes disparidades entre o Norte/Nordeste e outras regiões. Problemas ambientais como perda de biodiversidade, poluição do ar e da água precisam ser resolvidos. Em suma, o Brasil é um país com desafios tão grandes quanto seu potencial.
- **"Business-as-usual":** Cenário de base para as emissões de gases do efeito estufa (GEEs) e mudanças climáticas. Assume que tendências de desenvolvimento futuro seguem aquelas do passado e não serão realizadas quaisquer mudanças em políticas e ações de adaptação/mitigação ao clima (IPCC Reports).
- **Caminhos representativos de concentrações ("Representative Concentration Pathways" - RCPs):** Cenários que incluem séries temporais de emissões e concentrações de gases do efeito estufa, aerossóis e gases quimicamente ativos, assim como mudanças do uso/cobertura do solo (Moss et al., 2008). O termo "caminho" enfatiza que não apenas os níveis de concentração de GEEs e outros gases são de interesse, mas também a trajetória realizada ao longo do tempo para alcançá-los. Cada RCP provê apenas um de muitos

cenários possíveis, e geralmente se referem à parte da trajetória de concentração que se estende até 2100 – para as quais modelos produziram cenários de emissão correspondentes. Quatro RCPs produzidos por modelos de avaliações integradas foram selecionados da literatura pelo IPCC durante a elaboração do seu quinto relatório, sendo então utilizados como bases das previsões e projeções climáticas (Fifth Assessment Report Final Glossary – IPCC).

- **RCP 2.6:** Um caminho no qual o aquecimento global (efeito radioativo) tem picos em aproximadamente 3 W/m^2 antes de 2100 e então declina (projeções futuras entre 2100-2500 para esse cenário prevêem emissões constantes imediatas).
- **RCP 4.5 e RCP 6.0:** Dois caminhos intermediários de estabilização, nos quais o aquecimento global (efeito radioativo) se estabiliza em aproximadamente 4.5 W/m^2 e 6.0 W/m^2 após 2100 (suas projeções futuras prevêem concentração constante após 2150).
- **RCP 8.5:** Caminho mais nocivo, no qual o aquecimento global (efeito radioativo) atinge $> 8.5 \text{ W/m}^2$ até 2100 e continua a crescer por um período de tempo considerável (a sua previsão futura correspondente assume emissões constantes após 2100 e concentração constante apenas após 2250).
- **Caminho Socioeconômico Compartilhado (“Shared-Socioeconomic Pathway” – SSPs):** Assim como os RCPs, os SSPs são projeções de futuro relacionadas às mudanças climáticas estabelecidas pela comunidade científica, que facilitam a análise integrada de futuros impactos do clima, vulnerabilidades, adaptações e mitigação. Entretanto, as SSPs levam em consideração também como os fatores socioeconômicos poderão ser alterados no próximo século (Riahi et. al. 2017). Para tal, são levadas em consideração taxas de populações, crescimento econômico, educação, urbanização e a velocidade do desenvolvimento tecnológico. Os caminhos são expostos em narrativas que demonstram cinco diferentes maneiras em como o mundo poderá evoluir na ausência de políticas climáticas e como diferentes níveis de mitigação às mudanças do clima podem ser atingidos quando combinados os RCPs e SSPs (“Carbon Brief” 2018).
 - **SSP1: Sustentabilidade, “Taking the Green Road”** (Desafios pequenos à mitigação e à adaptação). O mundo se desloca gradualmente, porém consistentemente, para um caminho mais sustentável, enfatizando o desenvolvimento inclusivo que respeita os limites ambientais. A gestão das provisões comuns melhora, investimentos em educação e saúde aceleram a transição demográfica, e a ênfase em crescimento econômico muda em direção a uma ênfase maior no bem estar humano. Motivado por um comprometimento em atingir os objetivos do desenvolvimento, a desigualdade é reduzida tanto entre como dentro dos países. O consumo é guiado em direção ao menor uso de material, menor quantidade de recursos e intensidade energética.
 - **SSP2: “Middle of the Road”** (Desafios médios à mitigação e à adaptação) O mundo segue um caminho no qual tendências sociais, econômicas e tecnológicas não destoam marcadamente de padrões históricos. Desenvolvimento e crescimento da renda acontecem desniveladamente, quando alguns países se destacam enquanto outros são deixados para trás. Instituições globais e nacionais trabalham para alcançar o desenvolvimento sustentável, mas têm progresso lento. Sistemas ambientais experimentam degradação, apesar do declínio da intensidade do uso de recursos e de energia. O crescimento da população global é moderado e se estabiliza na segunda metade do século. Desigualdade salarial persiste ou melhora lentamente, e desafios para a redução da vulnerabilidade às mudanças sociais e ambientais permanecem.
 - **SSP3 Rivalidade Regional - “A Rocky Road”** (Desafios grandes à mitigação e à adaptação) Um nacionalismo ressurgente, preocupações com segurança e competitividade, e conflitos regionais empurram os países a focar cada vez mais em problemas domésticos. Políticas mudam ao longo do tempo, tornando-se mais orientadas para questões de segurança nacional e regional. Países focam em alcançar objetivos de energia e segurança alimentar dentro de suas próprias regiões em detrimento de um desenvolvimento amplo. Investimentos em educação e desenvolvimento tecnológico

declinam. O desenvolvimento econômico é lento, o consumo é intensivo e desigualdades persistem ou pioram ao longo do tempo. O crescimento populacional é pequeno em países industrializados e alto naqueles em desenvolvimento. Uma prioridade internacional pequena em tratar as questões ambientais leva à intensa degradação ambiental em algumas regiões.

- **SSP4 Desigualdade - “A Road Divided”** (Desafios pequenos à mitigação e grandes desafios à adaptação) Investimentos em capital humano extremamente desiguais, combinados a disparidades em oportunidades econômicas e poder político, geram desigualdade e estratificação dentro de e entre países. Com o tempo, aumenta o intervalo entre a sociedade conectada internacionalmente que contribui com o conhecimento e setores da economia global de capital intensivo, e uma coleção de sociedades fragmentadas de baixa renda e pouca educação, que estão inseridas em uma economia de baixa tecnologia e trabalho intensivo. Coesão social é degradada e conflitos se tornam cada vez mais comuns. O desenvolvimento tecnológico é grande em setores e economias de alta tecnologia. O setor de energia globalmente conectado se diversifica com investimentos em ambos combustíveis ricos em carbono, como carvão e petróleo, e fontes de energia de baixo carbono. Políticas ambientais focam em questões locais em regiões de renda média-alta.
- **SSP5 Desenvolvimento por Combustíveis Fósseis - “Taking the Highway”** (Desafios grandes à mitigação e pequenos desafios à adaptação) Esse mundo se baseia em mercados competitivos, inovação e sociedades participativas para produzir progresso tecnológico rápido e desenvolvimento de capital humano como caminho para o desenvolvimento sustentável. Mercados globais são integrados. Fortes investimentos em saúde, educação e instituições são realizados para aumentar o capital humano e social. Ao mesmo tempo, o impulso para o desenvolvimento social e econômico é acoplado à exploração de recursos abundantes de combustíveis fósseis e a adoção de estilos de vida altamente baseados em energia e recursos ao redor do mundo. Todos esses fatores levam ao crescimento rápido da economia global, enquanto a população global atinge seu auge e declina no século XXI. Problemas locais ambientais são eficientemente geridos. Existe a fé na habilidade de efetivamente gerir sistemas ecológicos e sociais, incluso por geo-engenharia se necessário.
- **Capacidade adaptativa:** É um componente de vulnerabilidade, que se refere à capacidade do sistema em lidar com a mudança climática, seja adaptando-se a novas condições locais, seja se dispersando para áreas mais adequadas (Dawson et al. 2011; Foden et al. 2013).
- **Clima (o estado do planeta):** No âmbito do Acordo de Paris firmado em 2015, estipulou que países se esforçaram para limitar o aumento de temperatura no planeta em 1,5°C, em relação aos níveis pré-industriais. Entretanto, mesmo que todos os compromissos nacionais firmados em Paris sejam cumpridos, a temperatura média do planeta deverá aumentar até o ano de 2100 em pelo menos 2,6–3,1°C (Rogelj et al. 2016).
- **Desenvolvimento sustentável:** Em essência, o desenvolvimento sustentável é o processo de mudança no qual a exploração de recursos, a direção dos investimentos, a orientação para o desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais estão em harmonia (WCED, 1987) e aumentam o potencial de atender às necessidades humanas atuais sem comprometer a habilidade de gerações futuras de atender às suas próprias demandas. É visto como o princípio guia para o desenvolvimento global de longo prazo, consistindo de três pilares: desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção do meio ambiente (UNCSD Knowledge Platform).
- **Espécies exóticas:** Uma espécie, subespécie ou táxon menor, que ocorre fora de sua distribuição natural histórica ou atual e de seu potencial de dispersão. Inclui qualquer parte, gametas, sementes ou propágulos de tal espécie que possa sobreviver e eventualmente se reproduzir (CBD Glossary of Terms).
- **Exposição às mudanças climáticas:** É um componente da vulnerabilidade determinado pela taxa e magnitude da mudança do clima nos ambientes ocupados por todas as espécies, inclusive a humana (Ribeiro et al. 2016).

- **Fitofisionomia:** Características morfológicas da comunidade vegetal que se encontra em determinado lugar (Grabherr & Kojima 1993). Particularidade vegetal ou a flora típica de uma região.
- **ICMS Ecológico:** Mecanismo tributário que possibilita aos municípios acesso a parcelas maiores que àquelas que já têm direito, dos recursos financeiros arrecadados pelos Estados através do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, o ICMS, em razão do atendimento de determinados critérios ambientais estabelecidos em leis estaduais. É, portanto, o critério ou conjunto de critérios ambientais, utilizados para a determinação do quanto cada município vai receber na repartição dos recursos financeiros, arrecadados com o ICMS. O ICMS Ecológico pode servir como um instrumento de estímulo à conservação da biodiversidade, quando ele compensa o município pelas Áreas Protegidas já existentes e também quando incentiva a criação de novas Áreas Protegidas, já que considera o percentual que os municípios possuem de áreas de conservação em seus territórios. Entretanto, é importante destacar que, de forma geral, o critério ambiental refletido no ICMS Ecológico é mais amplo, e abarca, além das Áreas Protegidas outros fatores, como a gestão de resíduos sólidos, o tratamento de esgoto e outros determinados de acordo com cada lei estadual.
- **Impacto:** Efeitos sobre vidas, sustento, saúde, ecossistemas, economias, sociedades, culturas, serviços e infraestrutura devido à interação de mudanças climáticas e eventos climáticos de risco que ocorrem durante um período de tempo específico (Agard & Schipper 2014).
- **Impacto potencial das mudanças climáticas:** Um sistema pode estar exposto a uma condição climática desfavorável, mas não ser sensível a ele, devido às suas características intrínsecas. Da mesma forma, um sistema pode ser altamente sensível, mas não estar exposto às mudanças climáticas, o que poderia trazer um impacto grande sobre a mesma. Desta maneira, o impacto potencial é definido pela combinação da exposição com a sensibilidade, onde sistemas expostos às condições climáticas anormais e sensíveis a essa mudança sofreriam grande impacto potencial.
- **Índice de Performance Ambiental:** Medida da qualidade da governança referente à proteção de ecossistemas e proteção da saúde humana em relação à água, ar e risco de desastres (Hsu et al. 2016).
- **Limites planetários:** Níveis científicos de perturbação antrópica do Sistema Terrestre, após os quais o funcionamento planetário pode ser substancialmente alterado. A transgressão de tais limites cria risco substancial de desestabilizar o estado do Sistema Terrestre do Holoceno no qual as sociedades evoluíram (Steffen et al. 2015).
- **Maladaptação ou Má adaptação:** uma má adaptação é uma adaptação biológica que se tornou mais problemática do que benéfica. Isso pode vir a acontecer por diversas causas: alguma adaptação específica pode tornar-se pouco útil, não sendo adequadamente conservada por seleção natural; ou a seleção natural de alguma outra adaptação ou condição, casualmente ou obrigatoriamente compromete o desenvolvimento de uma outra adaptação; ou ainda, mudanças ambientais ou de habitat. A “má adaptação” pode ser definida como a prevalência em uma população de uma “estratégia” (uma forma de um fenótipo), que não leva à adequação relativa mais alta das estratégias no conjunto permitido. Este ponto de vista tem sido difícil de implementar, devido às dificuldades envolvidas na definição de um conjunto completo e preciso de estratégias e restrições, às complexas pressões seletivas em muitas características e ao desafio de medir a adequação de uma maneira evolucionária significativa (B. Crespi, *Heredity*, 2000, vol. 84, 623–629)
- **Mitigação das mudanças climáticas:** Intervenção humana para reduzir as fontes ou aumentar os sumidouros de gases de efeito estufa (GEEs). Também podem ser consideradas intervenções antrópicas a fim de reduzir fontes de emissão de outras substâncias que podem contribuir, direta ou indiretamente, para a limitação de mudanças climáticas, ou medidas que controlem emissões de monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, Compostos orgânicos voláteis e outros poluentes que alteram a concentração de ozônio troposférico, causando um efeito indireto no clima (Fifth Assessment Report Final Glossary – IPCC).
- **Mudanças climáticas:** Mudança no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, utilizando

testes estatísticos) por alterações na média e/ou na variabilidade de suas propriedades e que persiste por um período estendido, tipicamente por décadas ou períodos mais longos. As mudanças climáticas podem ser causadas por forçantes internas ou externas, tais como modulações do ciclo solar, erupções vulcânicas e mudanças antropogênicas persistentes na atmosfera e no uso do solo (Fifth Assessment Report Final Glossary – IPCC). A UNFCCC define “mudança do clima”, em seu artigo 1, como uma alteração no clima que é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição atmosférica global e que é uma adição à variabilidade climática natural observada entre períodos de tempo comparáveis.

- **Mudanças/conversão no uso do solo/terra:** O uso do solo refere-se ao conjunto total de ações antrópicas (como distribuição de terras e atividades) sobre determinado tipo de cobertura de solo. O termo também é utilizado para designar os propósitos sociais e econômicos para os quais a terra é gerenciada. Mudanças no uso do solo (em inglês, “land-use change” ou LUC) são alterações no uso ou na gestão da terra por humanos, que podem levar a mudanças de cobertura do solo. Essas podem ter impactos sobre o albedo de superfícies, evapotranspiração, fontes e sumidouros de GEEs e/ou outras propriedades do sistema climático, aumentando o impacto do clima, local ou globalmente (Fifth Assessment Report Final Glossary – IPCC).
- **Pagamentos por serviços ecossistêmicos (PES):** Transação voluntária na qual ao menos um serviço ecossistêmico bem definido, ou um uso da terra que possa assegurar este(s) serviço(s), é adquirido por, pelo menos, um comprador de no mínimo, um provedor, sob a condição de que ele garanta a provisão do serviço (Wunder, 2005).
- **Ponto de não-retorno (“tipping point”):** Um nível de mudança em propriedades de um sistema para além do qual esse sistema se reorganiza, em geral abruptamente, e não retorna ao estado inicial ainda que os vetores de tal mudança sejam abatidos. Para o sistema climático, o ponto de não-retorno se refere a um limite no qual o clima regional ou global se desloca de um estado estável para outro. Tal evento pode ser irreversível (Fifth Assessment Report Final Glossary – IPCC).
- **Precificação de Carbono:** A precificação de carbono restringe a emissão de gases do efeito estufa ao estabelecer uma taxa sobre tal emissão ou ao oferecer incentivos para diminuí-la. Ocorre de dois modos: (1) a partir da criação de taxas sobre emissões e (2) por meio de um sistema de “troca” de emissões (ETS – do inglês “emissions trading systems”). A precificação funciona a partir da captura dos custos externos da emissão de carbono (i.e. custos públicos, tais como a perda de valor de propriedades devido ao aumento do nível do mar ou o dano à agricultura causado pela mudança dos padrões das chuvas) e da devolução dos mesmos aos responsáveis pela emissão de GEEs. Estes têm, então, a opção de reduzir suas emissões para evitar o pagamento de altas taxas ou continuar emitindo GEEs e custear tal escolha. A precificação de carbono também cria um sinal financeiro que reduz, ou regula, as emissões de GEEs e provê simultaneamente uma razão econômica para o deslocamento dos investimentos em direção a tecnologias “limpas” e de baixo carbono. A precificação gerou mudanças em padrões de consumo e investimentos, tornando o desenvolvimento econômico compatível com a proteção às mudanças climáticas. Até 2020, espera-se que 25% das emissões globais estejam sob algum mecanismo de precificação de carbono (UNFCCC).
- **REDD+:** É um instrumento econômico desenvolvido no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês), da qual o Brasil é Parte. Sua função é prover incentivos financeiros a países em desenvolvimento por seus resultados no combate ao desmatamento e à degradação florestal e na promoção do aumento de cobertura florestal. Por meio desse instrumento, países em desenvolvimento que apresentarem reduções de emissões de gases de efeito estufa e aumento de estoques de carbono verificados serão elegíveis a receber “pagamentos por resultados” de diversas fontes internacionais, em particular do Fundo Verde para o Clima (GCF, na sigla em inglês) (ENREDD+ - Estratégia Nacional para REDD+). O termo abrange a redução das emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal, mas também inclui os papéis da conservação, do manejo sustentável de florestas e do aumento de estoques de carbono florestais (Fifth Assessment Report Final Glossary – IPCC).

- **Resiliência:** A capacidade de sistemas (naturais e antrópicos) de lidar com eventos de risco, respondendo ou reorganizando-se para que estrutura, função e identidade sejam mantidas, enquanto a capacidade de adaptação, transformação e aprendizado também são mantidas (Field et al. 2014).
- **Risco:** A probabilidade ou possibilidade de ocorrência de eventos ou tendências perigosas multiplicadas pelos impactos caso esses eventos ou tendências aconteçam. É o potencial, quando o resultado é incerto, para consequências adversas sobre vidas, sustento, saúde, ecossistemas, economias, aspectos sociais e culturais, serviços (incluindo BSE) e infraestrutura (Fifth Assessment Report Final Glossary – IPCC).
- **Sensibilidade às mudanças climáticas:** É dada pela capacidade de sistemas naturais e antrópicos de suportar a mudança climática. Geralmente está relacionada a atributos da história de vida das espécies, tais como sua tolerância fisiológica e a especialização no uso do ambiente. No caso de sistemas humanos, a sensibilidade está associada às condições de sobrevivência que caracterizam o potencial das populações de responder às alterações do clima.
- **Serviços ecossistêmicos:** Processos ou funções ecológicas que possuam valor monetário ou não para indivíduos ou sociedades como um todo. São frequentemente classificados como (1) serviços de suporte, como produtividade ou manutenção da biodiversidade, (2) serviços de abastecimento, tais como agropecuária e pesca, (3) serviços de regulação, como regulação climática ou sequestro de carbono e (4) serviços culturais, como o turismo ou apreciação estética e/ou espiritual (Fifth Assessment Report Final Glossary – IPCC).
- **Sexta Onda de Extinção em Massa (Ceballos et al., 2017):** Corresponde à crise global de extinções em andamento, cuja janela para ações efetivas é muito pequena, provavelmente entre as próximas duas ou três décadas apenas. A perda massiva de populações (maior frequência e magnitude) e de espécies (próximo passo) já está danificando os serviços ecossistêmicos providos à civilização. Não se pode esquecer que a capacidade de manutenção da vida na Terra, incluso a vida humana, foi forjada pela vida em si (Ceballos et al. 2017). O olhar atento a história e aos mapas de Ceballos et al. (2017) demonstra que em torno de 50% de indivíduos de animais que um dia dividiram a Terra conosco já foram extintos, assim como bilhões de suas populações. Perdas futuras podem colaborar para uma defaunação rápida do globo, causando também uma possível co-extinção da diversidade de flora. A probabilidade de ocorrência de tal defaunação se baseia nas causas já observadas nas extinções de populações: conversão de habitats, ruptura do clima, superexploração, toxificação, invasão de espécies, doenças, e (potencialmente) guerra nuclear de alta escala – todas interligadas e normalmente aumentando o impacto umas das outras. Outras causas de destruição biótica, que remetem à ficção do crescimento perpétuo em um planeta finito, estão também aumentando rapidamente – como a superpopulação humana e contínuo crescimento populacional e consumo exacerbado. A projeção para as próximas duas décadas demonstram um cenário desfavorável à continuidade da vida, incluindo a vida humana.
- **Sistemas socioecológicos:** Sistemas socioecológicos são sistemas humanos e naturais conectados – enfatizando sua característica principal, a de que humanos devem ser considerados parte da natureza como um todo, ao invés de analisados separadamente (Berkes & Folke, 1998).
- **Três amanhãs:** O modelo conhecido como “Os Três Amanhãs dos Tempos Pós-Normais” (3T) foi proposto por Sardar & Sweeney (2016) propõe a existência de três momentos distintos no futuro: 1) o ‘presente estendido’, que se dá no curto prazo, quando o cenário atual se mantém, mas pequenas transformações começam a ocorrer – por exemplo, mudanças climáticas e crise da biodiversidade persistem, mas políticas começam a ser implantadas para alterar esse quadro; 2) o ‘futuro plausível’ é quando grandes transformações se dão e começam a desvendar novas oportunidades não previamente imaginadas – por exemplo, em um futuro plausível otimista, sustentabilidade seria a nova normal; 3) o ‘futuro impensado’ é quando o nosso grau de incerteza e ignorância é maior – por exemplo, em um cenário pessimista, no futuro as pessoas talvez necessitem de ar, alimento e água sintéticos, por conta da perda das fontes naturais.
- **Vetores de perda de biodiversidade:** Todo fator que atua sobre algum componente da biodiversidade

ou dos serviços ecossistêmicos, direta ou indiretamente (Capítulo IV – Relatório da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, 2018).

- **Vulnerabilidade:** Propensão ou predisposição de sistemas naturais e antrópicos a sofrer danos ou a ser negativamente afetados (IPCC, 2014). Quando falamos em vulnerabilidade, nos referimos, portanto, à combinação de três componentes relacionados às respostas às mudanças climáticas. Esses componentes são exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

6.2 ACORDOS E POLÍTICAS

- **Agenda 2030 ONU para o Desenvolvimento Sustentável (Ou “Objetivos do Desenvolvimento Sustentável” – “ODS”):** Uma agenda universal, cujo plano de ação é voltado para as pessoas, o planeta e a prosperidade, sendo ela o documento final da Conferência das Nações Unidas Rio +20, aprovado apenas em 2015. Consiste em uma Declaração, 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as 169 metas, uma seção sobre meios de implementação e de parcerias globais, e um arcabouço para acompanhamento e revisão. Pretende orientar, de forma integrada e indivisível, o esforço mundial pelo Desenvolvimento Sustentável, balanceando suas três dimensões: econômica, social e ambiental.
- **Acordo de Paris:** Acordado pelas Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima durante a COP 21 em Paris, em Dezembro de 2015, é um marco para o combate às mudanças climáticas e para a intensificação de ações e investimentos necessários para um futuro sustentável de baixo carbono. Pela primeira vez, agrega todas as nações em uma causa comum, e se configura como um novo curso no fortalecimento da resposta global à ameaça das mudanças climáticas, no contexto do desenvolvimento sustentável e esforços para a erradicação da pobreza. O seu objetivo central é manter o aumento global de temperatura neste século abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais, e buscar formas de limitar ainda mais tal aumento para 1,5°C. O Acordo requer que as Partes adotem uma “Contribuição Nacionalmente Determinada” (NDC, em Inglês) e que fortaleçam esse compromisso nos anos a seguir, inclusive através de relatórios.
- **Cadastro Ambiental Rural (CAR):** É um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais referentes às Áreas de Preservação Permanente - APP, de uso restrito, de Reserva Legal, de remanescentes de florestas e demais formas de vegetação nativa, e das áreas consolidadas, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento. Foi implementado pelo Decreto Federal nº 7.830, em Outubro de 2012.
- **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC):** É um sistema integrado de banco de dados com informações padronizadas das unidades de conservação geridas pelos três níveis de governo e por particulares. Compete ao Ministério do Meio Ambiente organizar e manter o Cadastro Nacional de Unidades, conforme estabelecido no artigo 50 da Lei nº 9.985/2000, que instituiu o SNUC. Seu principal objetivo é disponibilizar um banco de dados com informações oficiais do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Neste ambiente são apresentadas as características físicas, biológicas, turísticas, gerenciais e os dados georreferenciados das unidades de conservação. Assim, a sociedade poderá acompanhar os resultados das ações governamentais de proteção do patrimônio biológico nacional.
- **Declaração Conjunta Brasil-Noruega de 2015:** A declaração conjunta de tais governos surge em meio ao desenvolvimento do Acordo de Paris, durante o ano de 2015. Tem como objetivo principal estender sua parceria florestal e climática até 2020, baseada na manutenção da contribuição financeira norueguesa para o Fundo Amazônia, aumentando, assim, a ambição em reduzir o desmatamento e degradação florestal alinhada às metas da INDC brasileira.
- **Declaração Conjunta Brasil-Alemanha sobre Mudança do Clima de 2015:** A declaração conjunta

de tais governos surge em meio ao desenvolvimento do Acordo de Paris, durante o ano de 2015. Brasil e Alemanha sublinham a importância do financiamento para a mudança do clima e enfatizam o compromisso dos países desenvolvidos em mobilizar, em conjunto, US\$ 100 bilhões por ano até 2020, de fontes públicas e privadas, para países em desenvolvimento. A Alemanha continuará a apoiar o Fundo Amazônia financeiramente com 100 milhões de Euros antes de 2020, além da cooperação técnica, também fortalecendo os pagamentos por resultados de REDD+.

- **Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade (EPANB):** Define a contribuição brasileira ao alcance da Meta 17 de Aichi, e a visão do país de longo prazo para viabilizar a conservação e uso sustentável da biodiversidade que, por meio do benefício para as pessoas, incluindo os serviços ambientais, sustenta e garante resiliência a sistemas sociais e econômicos. Foram sistematizadas 721 ações distribuídas entre as 20 Metas Nacionais de Biodiversidade, publicadas em 2017, dessa forma, a EPANB busca fornecer diretrizes norteadoras para harmonizar e integrar as ações direcionadas à biodiversidade, planejadas e executadas pelos diversos setores da sociedade. Representa, portanto, um meio de interligação entre esforços subnacionais e iniciativas nacionais, organizados e apresentados sob a égide da Convenção sobre Diversidade Biológica. É um instrumento que também contribui para comunicar pautas ambientais complexas à sociedade, contribuindo para que governo, setor privado e sociedade civil tenham um papel ativo na construção e monitoramento de ações, assim como na cobrança e desenvolvimento de políticas públicas relacionadas ao meio ambiente.
- **Estratégia Nacional para Redução das Emissões Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal (ENREDD+):** É o documento que formaliza, perante a sociedade brasileira e os países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, como o governo federal tem estruturado esforços e como pretende aprimorá-los até 2020, com enfoque em ações coordenadas de prevenção e controle do desmatamento e da degradação florestal, a promoção da recuperação florestal e o fomento ao desenvolvimento sustentável. O objetivo geral estabelecido pela ENREDD+ é contribuir para a mitigação da mudança do clima por meio da eliminação do desmatamento ilegal, da conservação e da recuperação dos ecossistemas florestais e do desenvolvimento de uma economia florestal sustentável de baixo carbono, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais.
- **INDC (Acordo de Paris):** “Contribuição Nacionalmente Determinada” ou “Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada”, NDC ou INDC, em inglês. O Acordo de Paris requer que cada país signatário delineie e comunique suas ações climáticas pós-2020, sendo elas as NDCs, que incorporam os esforços para reduzir emissões nacionais e adaptar-se aos impactos das mudanças climáticas. Cada plano reflete a ambição do país, considerando suas diferenciadas circunstâncias domésticas e respectivas capacidades. O Brasil comprometeu-se, principalmente, a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, e reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Assim como a desenvolver o Plano Nacional de Adaptação (PNA), a fim de implementar um sistema de gestão de conhecimento, promover pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para adaptação, e desenvolver processos e ferramentas em apoio a ações e estratégias de adaptação, em diferentes níveis de governo.
- **Lei de Proteção à Vegetação Nativa (o “Novo Código Florestal”); Lei Nº 12.651):** Lei brasileira que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, tendo revogado o Código Florestal Brasileiro de 1965. Estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.
- **Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030:** O Marco de Sendai é um acordo de 15 anos, voluntário e não vinculativo, adotado em Março de 2015 sob a tutela do Escritório das Nações

Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR). Tem como objetivo a prevenção de novos riscos de desastres e a redução daqueles existentes através da implementação de medidas econômicas, estruturais, legais, sociais, de saúde, culturais, educacionais, ambientais, tecnológicas, políticas e institucionais, de forma integrada e inclusiva, que previnam e reduzam a exposição ao perigo e vulnerabilidade a desastres, e aumente a preparação para respostas e recuperação, dessa forma, fortalecendo a resiliência de pessoas, serviços, comunidades e países. Ele reconhece que o Estado tem o papel principal na redução do risco de desastres, mas que a responsabilidade deve ser compartilhada com outros tomadores de decisão incluindo governos locais e o setor privado.

- **Metas de Aichi para a Biodiversidade:** É o conjunto de metas estabelecido pela Convenção sobre Diversidade Biológica em 2010, na forma de objetivos de longo prazo, que foram materializados em 20 proposições, voltadas à redução da perda da biodiversidade em âmbito mundial. Compõem o Plano Estratégico de Biodiversidade para o período de 2011 a 2020. Estão organizadas em cinco grandes objetivos estratégicos: tratar das causas fundamentais de perda de biodiversidade, fazendo com que as preocupações com a biodiversidade permeiem governo e sociedade; reduzir as pressões diretas sobre a biodiversidade e promover o uso sustentável; melhorar a situação da biodiversidade, protegendo ecossistemas, espécies e diversidade genética; aumentar os benefícios de biodiversidade e serviços ecossistêmicos para todos; e aumentar a implantação, por meio de planejamento participativo, da gestão de conhecimento e capacitação.
- **Moratória da Soja:** Foi o primeiro acordo voluntário de desmatamento zero implementado nos trópicos, com o compromisso de não comercializar soja de áreas desmatadas na Amazônia e/ou de agricultores autuados por exploração de trabalhadores em condição análoga à escravidão. O objetivo era conciliar o desenvolvimento econômico e a preservação socioambiental no Bioma Amazônico, atendendo à demanda do consumidor. O Governo Brasileiro subscreveu a moratória em 2008, implementando o cadastro das propriedades e análise técnica de dados de desmatamento regionais. Em 2016, a indústria da soja concordou em transformá-la em um pacto permanente, com a redefinição na data base usada como referência: originalmente fixada em 2006, foi realocada para 2008, ajustando-se ao novo Código Florestal aprovado em 2012.
- **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado)** Oriundo dos compromissos voluntários propostos pelo Brasil durante a COP15 da UNFCCC, de reduzir em pelo menos 40% as emissões provenientes do desmatamento do Cerrado, o plano de ação foi elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente com o apoio de outras organizações tais como o IBAMA, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Agência Nacional de Águas (ANA) e Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Seu objetivo é promover a redução contínua da taxa do desmatamento e da degradação florestal, bem como da incidência de queimadas e dos incêndios florestais indesejados no bioma Cerrado, por meio da articulação de ações e parcerias entre União, Estados, Municípios e sociedade civil organizada, setor empresarial e universidades.
- **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)** Criado em 2004 e tem como objetivos reduzir de forma contínua e consistente o desmatamento de forma abrangente, integrada e intensiva e criar as condições para se estabelecer um modelo de desenvolvimento sustentável na Amazônia Legal. O Plano foi coordenado pela Casa Civil da Presidência da República até 2013, atualmente, tal função cabe ao Ministério do Meio Ambiente e outros Ministérios envolvidos. Na sua quarta fase, de 2016-2020, o Plano visa à redução em 80% do desmatamento no Bioma até 2020, em relação aos níveis registrados em 2005, de acordo com o estabelecido na Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).
- **Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas (PNAP)** Surge como compromisso do Governo Brasileiro para o Programa de Trabalho da CDB após a COP7. O objetivo do Plano Nacional é atuar como instrumento que define princípios, diretrizes e objetivos que levarão o país a reduzir a taxa de perda de biodiversidade, por meio da consolidação de um sistema abrangente de áreas protegidas, ecologicamente

representativas e efetivamente gerenciado, integrado a paisagens terrestres e marinhas mais amplas, até 2015. O PNAP enfoca prioritariamente o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), as terras indígenas e os territórios quilombolas.

- **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA)** Elaborado pelo governo federal em colaboração com a sociedade civil, setor privado e governos estaduais que tem como objetivo promover a redução da vulnerabilidade nacional à mudança do clima e realizar uma gestão do risco associada a esse fenômeno, orientando iniciativas para a gestão e diminuição do risco climático no longo prazo, de forma a aproveitar as oportunidades emergentes, evitar perdas e danos e construir instrumentos que permitam a adaptação dos sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura. Institui um conjunto de metas correspondentes às da INDC Brasileira relativas ao Acordo de Paris, com o prazo de 2020, divididas entre os temas: agricultura, cidades, recursos hídricos, povos e populações vulneráveis, segurança alimentar e nutricional, biodiversidade e ecossistemas, gestão de risco aos desastres, indústria e mineração, infraestrutura, saúde e zonas costeiras.
- **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg)** É o principal instrumento de implementação da Proveg, lançado em 2017, cuja elaboração foi coordenada pelo MMA com o auxílio de uma rede de especialistas e passou por um processo de consulta pública com contribuições de cidadãos, instituições de pesquisa e órgãos governamentais. Seu objetivo é ampliar e fortalecer as políticas públicas, incentivos financeiros, mercados, boas práticas agropecuárias e outras medidas necessárias para a recuperação da vegetação nativa de, pelo menos, 12 milhões de hectares até 2030, principalmente em áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL), mas também em áreas degradadas com baixa produtividade.
- **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC)** Parte do compromisso voluntário de redução entre 36,1% e 38,9% das emissões de gases do efeito estufa (GEE), projetadas para 2020, assumido pelo Brasil na COP15 da UNFCCC em 2009. O Plano ABC é um dos planos setoriais elaborados de acordo com a Política Nacional sobre Mudança do Clima e tem por finalidade a organização e o planejamento das ações a serem realizadas para a adoção das tecnologias de produção sustentáveis, selecionadas com o objetivo de responder aos compromissos de redução de emissão de GEE no setor agropecuário assumidos pelo país.
- **Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima** Provenientes do compromisso voluntário brasileiro perante à COP15 da UNFCCC, os Planos Setoriais apresentam estratégias de mitigação e ações de adaptação, como iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima. Têm como objetivo orientar ações que promovam a resiliência dos setores frente aos impactos adversos da mudança do clima, levando em conta as especificidades inerentes de cada plano. Atualmente estão em vigor os seguintes planos: Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAM; Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento no Cerrado – PPCerrado; Plano Decenal de Energia – PDE; Plano de Agricultura de Baixo Carbono - Plano ABC; Plano Setorial de Mitigação da Mudança Climática para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação - Plano Indústria; Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono – PMBC; Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima – PSTM; Plano Setorial da Saúde para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima; e em fase de elaboração o Plano de redução de emissões da Siderurgia.
- **Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg)** A Proveg tem o objetivo de articular, integrar e promover políticas, programas e ações indutoras da recuperação de florestas e demais formas de vegetação nativa e de impulsionar a regularização ambiental das propriedades rurais brasileiras, nos termos do Novo Código Florestal, em área total de, no mínimo, doze milhões de hectares, até 31 de dezembro de 2030. Institui o Planaveg como seu principal instrumento de implementação, e também a Comissão Nacional para Recuperação Nativa (Conaveg), colegiado com as atribuições de promover a

implementação, monitoramento e avaliação da implementação do Planaveg e da própria Proveg.

- **Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)** Oficializa o compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima de redução de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020. Instituída em 2009, busca garantir que o desenvolvimento econômico e social contribua para a proteção do sistema climático global. Institui a prevenção e controle do desmatamento nos biomas pelos planos setoriais de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas.
- **Programa de Investimento Florestal (FIP)** É um programa dos Fundos de Investimentos em Clima (CIF), que apoia esforços de redução de desmatamento e degradação e promove o manejo florestal sustentável para reduzir emissões e aumentar os estoques de carbono florestal. No Brasil o FIP apoia o Plano de Investimento do Brasil, que busca promover o uso sustentável das terras, por meio de ações articuladas. Tem como objetivo catalisar e mobilizar fundos para a redução do desmatamento e da degradação florestal (REDD) e promover melhorias na gestão florestal que resultem em impactos positivos para a redução de emissões, promoção do manejo florestal sustentável e proteção dos estoques de carbono florestal.
- **Programa de Regularização Ambiental (PRA)** Conjunto de ações ou iniciativas a serem desenvolvidas por proprietários e/ou possuidores rurais com o objetivo de adequar e promover a regularização ambiental de seus imóveis rurais, com vistas ao cumprimento do disposto no Capítulo XIII do Novo Código Florestal. São instrumentos do Programa de Regularização Ambiental: o Cadastro Ambiental Rural – CAR; o Termo de Compromisso; o Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e/ou Alteradas - PRAD; e as Cotas de Reserva Ambiental - CRA.
- **Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)** É o conjunto de unidades de conservação (UCs) federais, estaduais e municipais. É composto por 12 categorias de UC, cujos objetivos específicos se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos: aquelas que precisam de maiores cuidados, pela sua fragilidade e particularidades, e aquelas que podem ser utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo. Gerido pelas três esferas de governo (federal, estadual e municipal), assegura que amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas estejam adequadamente representadas no território nacional e nas águas jurisdicionais. Além disso, o SNUC auxilia tomadores de decisão a fim de conservar os ecossistemas e a biodiversidade, gerar renda, emprego, desenvolvimento e propiciar uma efetiva melhora na qualidade de vida das populações locais e do Brasil como um todo.



CAPÍTULO 7: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrawal A, Lemos MC (2015) Adaptive development. *Nature Climate Change* 5:186–187
- Aguiar LMS, Bernard E, Ribeiro V, Machado RB, Jones G (2016) Should I stay or should I go? Climate change effects on the future of Neotropical savannah bats. *Global Ecology and Conservation* 5:22-33.
- Agard, J., Schipper, E.L.F., 2014. Glossary. In: Field, C.B., et al. (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1757–1776. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Fenologia. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_68_22122006154840.html
- Alarcon GG, Fantini A, Salvador CH (2017) Additionality is in detail: Farmers' choices regarding payment for ecosystem services programs in the Atlantic forest, *Brazil Journal of Rural Studies* 54 (2017):177-186.
- Alix-Garcia J & Gibbs HK (2017) Forest conservation effects of Brazil's zero deforestation cattle agreements undermined by leakage. *Global Environmental Change* 47:201–217.
- Anadón JD, Sala OE, Maestre FT (2014) Climate change will increase savannas at the expense of forests and treeless vegetation in tropical and subtropical Americas. *Journal of Ecology* 102:1363-1373.
- Andrae, M. O. et al. (2004). Smoking rain clouds over the Amazon. *Science*, 303, 1337–1342.
- Aragão LEOC, Anderson, LO, Fonseca, MG (2018) 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions *Nature Communications* (2018)9:536.
- Baillie JEM, Hilton-Taylor C, Stuart SN, Eds (2004). 2004 IUCN Red List of threatened species. A global species assessment. IUCN, Gland.
- Balch JK, Brando PM, Nepstad DC, Coe MT, Silvério D, Massad TJ, Davidson EA, Lefebvre P, Oliveira-Santos C, Rocha W, Cury RTS, Parsons A, Carvalho KS (2015) The susceptibility of southeastern Amazon forests to fire: insights from a large-scale burn experiment. *Bioscience* 65(9):893-905.
- Banco Mundial (2018) Emprego e crescimento: a agenda da produtividade. <http://documents.worldbank.org/curated/en/203811520404312395/pdf/123969-WP-PUBLIC-PORTUGUESE-P162670-EmpregoeCrescimentoAAgendadaProdutividade.pdf>
- Banks-Leite, C, Pardini, R, Tambosi, LR (2014) Using ecological thresholds to evaluate the costs and benefits of set-asides in a biodiversity hotspot. *Science* 345:1041-1045.
- Barbier EB, Burgess JC, Dean TJ (2018) How to pay for saving biodiversity. *Science* 360(6388):486-488.
- Beaugrand G, Edwards M, Raybaud V, Goberville E, Kirby RR (2015) Future vulnerability of marine biodiversity compared with contemporary and past changes. *Nature Climate Change* 5:695–701.
- Berkes, F., and C. Folke, editors. 1998. *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press, New York.
- Béllard C, Leclerc C, Leroy B, Bakkenes M, Veloz S, Thuiller W, Courchamp F (2014) Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Global Ecol Biogeog* 23:1376-1386.
- Berry PM, Brown S, Chen M, Kontogianni A, Rowlands O, Simpson G, Skourtos M (2015) Cross-sectoral interactions of adaptation and mitigation measures. *Climatic Change* 128 (3-4): 381–393.
- BID (2017) *Assessing Firm-Support Policies in Brazil*. Office of Evaluation and Oversight, Inter-American Development Bank, Washington, DC.
- BPBES (2018) 1o Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. Sumário para tomadores de decisão. Disponível em: <https://www.bpb.es.net.br/wp-content/uploads/2018/11/Sum%C3%A1rio-para-Tomadores-de-Decis%C3%A3o-BPBES-1.pdf>
- Brasil, Presidência da República, Casa Civil. Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Brasília, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm.
- Brasil, Presidência da República, Casa Civil. Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg). Portaria Interministerial nº 230, de 14 de novembro de 2017. Disponível em: <https://sogis.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro1285524/portaria%20interministerial%20mmamapamec%20n%20230%20de%2014112017.pdf> .
- Brasil, Presidência da República, Casa Civil. Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação e Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC. Decreto Nº 7.390, de 9 de Dezembro de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm.
- Brasil, Presidência da República, Casa Civil. Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg). Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D8972.htm.
- Brasil, Presidência da República, Casa Civil. Política Nacional sobre Mudança do Clima. Lei Nº 12.187, de 29 de Dezembro de 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm.
- Brasil, Presidência da República, Casa Civil. Programas de Regularização Ambiental dos Estados e do Distrito Federal. Decreto nº 8.235, de 5 de Maio de 2014. Brasília, 2014. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8235.htm.
- Brasil, Presidência da República, Casa Civil. Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm.
- Brink P, Mazza L., Badura T., Kettunen M. and Withana S. (2012) Nature and its Role in the Transition to a Green Economy.
- Brum FT, Gonçalves LO, Cappelatti L, et al., (2013) Land Use Explains the Distribution of Threatened New World Amphibians Better than Climate. *PLoS ONE*, 8(4): e60742.
- Bustamante M, Robledo-Abad C, Harper R. et al (2014) Co-benefits, trade-offs, barriers and policies for greenhouse gas mitigation in the agriculture, forestry and other land use (AFOLU) sector. *Global Change Biology* 20, 3270–3290
- Cadastro Ambiental Rural (CAR), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. O que é o CAR? Disponível em: <http://www.car.gov.br/#/sobre>.
- Carbon Brief. Climate Modeling. Explainer: How 'Shared Socioeconomic Pathways' explore future climate change. 2018. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change>.

- Ceballos G., Ehrlich P. R., and Dirzo R. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *PNAS* July 25, 2017 114 (30) E6089-E6096; <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>.
- Cerri, C.E.P., et al. (2007). Predicted soil organic carbon stocks and changes in the Brazilian Amazon between 2000 and 2030. *Agric Ecosyst Environ.* 122(1), 58–72.
- Convention of Biological Diversity (CBD), 2009. Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change. CBD Technical Series 41, Montreal, Canada.
- Convention on Biological Diversity (CBD), United Nations Environment. Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020 and the Aichi Targets. 2010. Disponível em: <https://www.cbd.int/sp/targets/>
- Convention on Biological Diversity (CBD). Use of Terms. Disponível em: <https://www.cbd.int/convention/articles/default.shtml?a=cbd-02>
- Correa-Macana, E.; Comim, F. Mudança climática e desenvolvimento humano: uma análise baseada na Abordagem das Capacitações de Amartya Sen. *Economia, Sociedad y Territorio*, Toluca, v. 13, n. 43, p. 577-618, sep./dic., 2013.
- Crespi, B.J. B. Crespi. The evolution of maladaptation. *Heredity*, 2000, vol. 84, 623–629.
- Cunningham C, Cunha AP, Brito S, Marengo J, Coutinho M (2017) Climate change and drought in Brazil. Pp. 361-375. In: Marchezini B, Wisner B, Londe LR, Saito SM (eds) *Reduction of Vulnerability to Disasters: from Knowledge to Action*. Editora RiMa, São Carlos.
- Debortoli NS, Camarinha PIM, Marengo JA, Rodrigues RR (2017) An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. *Natural Hazards* 86(2):557-582.
- Descombes P, Wisz MS, Leprieur F, Parravicini V, Heine C, Olsen SM, Swingedouw D, Kulbicki D, Mouillot D, Pellissier L (2015) Forecasted coral reef decline in marine biodiversity hotspots under climate change. *Global Change Biology* 21(7):2479-2487.
- Diamond JM (1989) Overview of recent extinctions. Pp. 37–41. In: Western D, Pearl MC (Eds.) *Conservation for the twenty-first century*. Oxford University Press, Oxford.
- Díaz S, Demissew S, Carabias J, Joly C, Lonsdale M, Ash N, Larigauderie A, Adhikari JA, Arico A, Báldi A, et al. (2015) The IPBES conceptual framework: connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14:1-16.
- Dinerstein E, Olson D, Joshi, A et al. (2017) An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm. *BioScience* 67(6):534-545.
- Diniz-Filho JAF, Bini LM, Fernando Rangel T, et al. (2009) Partitioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate change. *Ecography*, 32(6):897–906.
- Diniz-Filho JAF, Melo DB, Oliveira G, et al. (2012) Planning for optimal conservation of geographical genetic variability within species. *Conservation Genetics*, 13(4):1085–1093.
- Dobrovolski R, Rattis L (2015) Water collapse in Brazil: the danger of relying on what you neglect. *Natureza & Conservação* 13, 80–83.
- Drumond, P. M. E Wiedman, G (Orgs.), 2017. *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia*. 1ª Ed., Rio de Janeiro, ICH. 665 p. (ISBN 978859962223).
- Faleiro FV, Machado RB, Loyola RD (2013) Defining spatial conservation priorities in the face of land-use and climate change. *Biological Conservation* 158:248–257.
- Faleiro FAVM, Nemésio A, Loyola R (2018) Climate change likely to reduce orchid bee abundance even in climatic suitable sites. *Global Change Biology* DOI: 10.1111/gcb.14112.
- Fahrig L (2003) Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:487-515.
- FAO (2010) *Managing forests for climate change*. Food and Agricultural Organization, Rome, Italy.
- Feeley KJ, Silman M (2016) Disappearing climates may limit the efficacy of Amazonian protected areas in a warming world. *Diversity and Distributions* 22:1081-1084.
- Feldpausch T. R., et al. (2016). Amazon forest response to repeated droughts, *Global Biogeochem. Cycles*, 30, 964–982, doi:10.1002/2015GB005133.
- Fernandes GW, Banhos A, Barbosa NPU et al. (2017). Restoring Brazil's road margins could help the country offset its CO2 emissions and comply with the Bonn and Paris Agreements. *Perspect Ecol Conserv.* (2017). <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.02.001>
- Ferro, V.G., Lemes, P., Melo, A.S., Loyola, R., 2014. The reduced effectiveness of protected areas under climate change threatens Atlantic forest tiger moths. *PLoS ONE* 9, e107792.
- Field, C.B., Barros, V.R., Mach, K.J., et al., 2014. Technical summary. In: Field, C.B., et al. (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 35–94.
- Fisher JA, Patenaude G, Kalpana G et al. (2014) Understanding the relationships between ecosystem services and poverty alleviation: a conceptual framework. *Ecosystem Services* 7:34–45.
- Foden WB, Butchart SHM, Stuart SN, Vié J-C, Akçakaya HR, Angulo A, et al. (2013) Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. *PLoS ONE* 8(6): e65427.
- Fundação Grupo Boticário (2015a) Adaptação baseada em Ecossistemas: Oportunidades para políticas públicas em mudanças climáticas. Disponível em: http://www.fundacaogrupoboticario.org.br/_layouts/FundacaoWebpartLibrary/Download.aspx?file=L3B0L011ZGFuY2FDbGltYXRpY2FBbmV4by9BYkVfMjAxNSwZGY= e <http://adaptaclima.mma.gov.br/conteudos/80>
- Fundação Grupo Boticário (2015b) Adaptação à mudança do clima no Lagamar: Diretrizes para a gestão de áreas naturais considerando o impacto da mudança do clima sobre a biodiversidade na região do Mosaico de Áreas Protegidas do Lagamar. Disponível em http://www.fundacaogrupoboticario.org.br/_layouts/FundacaoWebpartLibrary/Download.aspx?file=L3B0L011ZGFuY2FDbGltYXRpY2FBbmV4by8yMDE2MDQxNV92ZXJzYW9fZmluYWxfREISRVRSSVpFUY5wZGY=
- Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO). FIP – Programa de Investimentos em Florestas. Disponível em: https://www.funbio.org.br/programas_e_projetos/fip-programa-de-investimentos-em-florestas/
- Gama LR, Domit, C, Broadhurst, MK, Fuentes MMPB, Millar, R. (2016) Green turtle *Chelonia mydas* foraging ecology at 25° S in the

- western Atlantic: evidence to support a feeding model driven by intrinsic and extrinsic variability. *Marine Ecology Progress Series* v. 542, p. 200-219. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Reports Working Group III Mitigation. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg3/index.php?idp=286>
- Gardner, TA, et al. (2018) Transparency and sustainability in global commodity supply chains. *World Development*, <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.05.025>
 - Giannini TC, Tambosi LR, Acosta, Jaffé R, Saraiva AM, Imperatriz-Fonseca VL, Metzger JP (2015) Safeguarding ecosystem services: A methodological framework to buffer the joint effect of habitat configuration and climate change. *PLoS One* 10(6):e0129225.
 - Godoy MDP, Lacerda LD (2015) Mangroves response to climate change: a review of recent findings on mangrove extension and distribution. *Anais da Gym Brasileira de Ciências* 87(2):651-667.
 - Grabherr, G. & Kojima, S. 1993. Vegetation Diversity and Classification Systems. Pp. 218-232. In: A.M. Solomon & H.H. Shugart (eds.). *Vegetation Dynamics & Global Change*. New York, Chapman & Hall.
 - Gibbs, H.K., Rausch, L., Munger, J., et al (2015a). Brazil's Soy Moratorium: Supply chain governance is needed to avoid deforestation. *Science* 347 (6220), 377–378.
 - Gibbs, H.K., Munger, J., L'Roe, J., Barreto, P., Pereira, R., Amaral, M.C.T., Walker, N.F., (2015b). Did ranchers and slaughterhouses respond to zero-deforestation agreements in the Brazilian Amazon? *Conserv. Lett.* 2 (4)
 - Guimarães, José Luís Bitencourt et. al - soluções baseadas na natureza para aumento da resiliência hídrica: quantificação e valoração dos benefícios da infraestrutura natural no município de são bento do sul (sc) 1 ed. – curitiba: fundação grupo boticário de proteção à natureza, 2018. Resumo executivo, 63p. isbn - 978-85-88912-28-1.
 - Grimard, A, Lake, S, Mardas, N, Godar, J, Gardner, T (2017). Supply chain transparency network: State of play. Global Canopy Programme and Stockholm Environment Institute.
 - Harvey CA, Chacon M, Donatti CI, Garen E, Hannah L, Andrade A, Bede L, Brown D, Calle A, Chara J, Clement C, Gray E, Hoang MH, Minang P, Rodríguez AM, Seeberg-Elverfeldt C, Semroc B, Shames S, Smukler S, Somarriba E, Torquebiau E, van Etten J, Wollenberg E (2014) Climate-smart landscapes: opportunities and challenges for integrating adaptation and mitigation in tropical agriculture. *Conservation Letters* 7(2):77-90.
 - Hoffmann D, Vasconcelos MF, Martins RP (2015) How climate change can affect the distribution range and conservation status of an endemic bird from the highlands of eastern Brazil: the case of the gray-backed Tachuri, *Polystictus superciliaris* (Aves, Tyrannidae). *Biota Neotropica*. 15(2):1–12.
 - Hsu, A. et al., 2016: 2016 Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale University. Available: www.epi.yale.edu.
 - Hubbell, S.P, et al. (2008). Colloquium paper: How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct? *Proc Natl Acad Sci USA*. 105(Suppl 1):11498–11504.
 - INESC (2018) Subsídios aos combustíveis fósseis no Brasil: conhecer, avaliar, reformar. Disponível em: <https://static.congressoemfoco.uol.com.br/2018/06/Estudo-completo.pdf>
 - Ingalls ML, Dwyer MB (2016) Missing the forest for the trees? Navigating the trade-offs between mitigation and adaptation under REDD. *Climatic Change* 136(2):353–366.
 - IPCC (2007) *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
 - IPCC (2013) *Cli-mate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
 - IPCC (2014) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
 - IPCC (2018) *Global Warming of 1.5 °C: an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Summary for Policymakers*.
 - Joly C, Metzger JP, Tabarelli M (2014) Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New Phytologist* 204:459-473.
 - Jones HP, Hole DG, Zavaleta ES (2012) Harnessing nature to help people adapt to climate change. *Nature Climate Change* 2(7):504–509.
 - Jones KR, Watson JEM, Possingham HP, Klein CJ (2016) Incorporating climate change into spatial conservation prioritisation: a review. *Biological Conservation* 194:121–130.
 - Junk, WJ, Piedade MTF, Lourival R, Wittmann F, Kandus P, Lacerda LD, Bozelli RL, Esteves FA, Cunha CN, Maltchik L, Schöngart J, Schaeffer-Novelli Y, Agostinho AA (2013) Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification, for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24(1):5-22.
 - Juhola S, Glaas E, Linnér B-O, Neset T-S (2016) Redefining maladaptation. *Environmental Science and Policy* 55:135–140.
 - Kasecker TP, Ramos-Neto MB, Silva JMC, Scarano FR (2017) Ecosystem-based adaptation to climate change: defining hotspot municipalities for policy design and implementation in Brazil. *Mitigation and Adaptation Strategies to Global Change* DOI 10.1007/s11027-017-9768-6
 - Klatt, B. J., García Márquez, J. R., Ometto, J. P., Valle, M., Mastrangelo, M. E., Gadda, T., Pengue, W. A., Ramírez Hernández, W., Baptiste Espinosa, M. P., Acebey Quiroga, S.V., Blanco, M. V., Agard, J., and Guezala Villavicencio, M. C. Chapter 5: Current and future interactions between nature and society. In IPBES (2018): *The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas*. Rice, J., Seixas, C. S., Zaccagnini, M. E., Bedoya-Gaitán, M., and Valderrama, N. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany, pp. 51–615
 - Keith DA, Mahony M, Hines H, Elith J, Regan TJ, Baumgartner JB, Hunter D, Heard GW, Mitchell NJ, Parris KM, Penman T, Scheele B, Simpson CC, Tingley R, Tracy CR, West M, Akçakaya HR (2015) Detecting extinction risk from climate change by IUCN Red List criteria. *Conservation* 28:3–130:810-819.
 - Laurance WF (2015) Emerging threats to tropical forests. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 100(3):159-169.
 - Latawiec AE, Strassburg BBN, Brancalion PHS (2015) Creating space for large-scale restoration in tropical agricultural landscapes.

Front Ecol Environ 2015; 13(4): 211–218.

- Leadley P, Proença V, Fernández-Manjarrés, Pereira HM, Alkemade R, Biggs R, Bruley E, Cheung W, Cooper D, Figueiredo J, Gilman E, Guénette S, Hurtt G, Mbow C, Oberdorff T, Revenga C, Scharlemann JPW, Scholes R, Stafford-Smith M, Sumaila R, Walpole M (2014) Interacting regional-scale regime shifts for biodiversity and ecosystem services. *Bioscience* 64(8):893–905): 665–679.
- Lemes P (2015). Relatório do Produto nº 1 do contrato 2015/000139 bra/11/001: cenários futuros da mudança no clima e seus impactos sobre a biodiversidade brasileira. Ministério do Meio Ambiente, 21p.
- Lemes P, Loyola RD (2013) Accommodating species climate-forced dispersal and uncertainties in spatial conservation planning. *PLoS One* 8:e54323.
- Lemes P, Melo AS, Loyola RD (2013) Climate change threatens protected areas of the Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation*, 23(2):357–368.
- Lemes, P., Melo, A.S. & Loyola, R.D. (2014) *Biodivers Conservation*. 23: 357. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0605-2>
- Lemos MC, Lo Y-J, Nelson DR, Eakin H, Bedran-Martins AM (2016) Linking development to climate adaptation: Leveraging generic and specific capacities to reduce vulnerability to drought in NE Brazil. *Global Environmental Change* 39:170–179.
- Liu J, Mooney H, Hull V, Davis SJ, Gaskell J, Hertel T, Lubchenco J, Seto KC, Gleick P, Kremen C, Li S (2015) Systems integration for global sustainability. *Science* 347 DOI: 10.1126/science.1258832.
- Locatelli B, Pavageau C, Pramova E, Di Gregorio M (2015) Integrating climate change mitigation and adaptation in agriculture and forestry: opportunities and trade-offs. *WIREs Climate Change* 6:585–598.
- Loyola RD, Lemes P, Faleiro F V, Trindade-Filho J, Machado RB (2012) Severe loss of suitable climatic conditions for marsupial species in Brazil: challenges and opportunities for conservation. *PLoS ONE*, 7(9):e46257.
- Loyola RD (2014) Brazil cannot risk its environmental leadership. *Diversity and Distributions* 20(12):1365–1367.
- Loyola R, Bini LM (2015) Water shortage: a glimpse into the future. *Natureza & Conservação* 13: 1–2.
- Loyola RD, Lemes P, Brum FT, Provete DB, Duarte LDS (2014) Clade-specific consequences of climate change to amphibians in Atlantic Forest protected areas. *Ecography* 37:65–72.
- Lucena AJ, Rotunno Filho OC, Peres LF, France JRA (2012) A evolução da ilha de calor na region metropolitana do Rio de Janeiro. *Revista Geonorte*, 2(5) Edição Especial 2:8–21.
- Mace G, Masundire H, Baillie JEM (2005) Biodiversity. Pp 77–122. In: Hassan R, Scholes R, Ash N (Eds.). *Ecosystems and human well-being: Current state and trends: findings of the condition and trends working group*. Island Press, Washington.
- Machado N, Loyola RD (2013). A Comprehensive Quantitative Assessment of Bird Extinction Risk in Brazil. *PLoS ONE*, 8(8):e72283.
- Machado N, Negrão R, Martins E, Loyola R, Amaro R, Moraes M, Rosa P, Baez C, Moraes L, Costa ML, Wimmer F, Margon H, Dalcin E, Martinelli G (2018) Espécies ameaçadas da flora endêmica do estado do Rio de Janeiro, pp. 97–117. In: Martinelli G, Martins E, Moraes M, Loyola R, Amaro R (Orgs). *Livro vermelho da flora endêmica do estado do Rio de Janeiro*. SEA – Secretaria do Estado do Ambiente: Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro. 456 p.
- Maggini R, Lehmann A, Zbinden N, Zimmermann NE, Bolliger J, Schröder B, Foppen R, Schmid H, Beniston M, Jenni L, Brotons L (2014) Assessing species vulnerability to climate and land use change: the case of the Swiss breeding birds. *Diversity and Distributions* 20: 708–719.
- Magrin GO, Marengo JA, Boulanger J-P, Buckeridge MS, Castellanos E, Poveda G, Scarano FR, Vicuña S (2014) Central and South America. Pp. 1499–1566. In: Barros VR, Field CB, Dokken DJ, Mastrandrea MD, Mach KJ, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken S, Mastrandrea PR, White LL (eds) *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Marengo JA, Nobre CA, Seluchi ME, Cuartas LA, Alves LM, Mendiondo, Obregon, GO; Sampaio G. (2015). A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, v. 106, p. 31.
- Marengo JA, et al. (2017a) Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region, In press, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>
- Marengo JA, Nunes LH, Souza CR, Harari J, Muller-Karger F, Greco R, Hosokawa EK, Tabuchi E, Merrill SB, Reynolds K, Pelling M, Alves LM, Aragao LEOC, Chou SC, Moreira F, Paterson S, Lockman JT, Gray AG (2017b) A globally deployable strategy for co-development of adaptation preferences to sea-level rise: the public participation case of Santos, Brazil. *Natural Hazards*. 88 (1), 39–53
- Marengo, J., Muller-Karger, F., Pelling, M., Reynolds, C.J., Merrill, S.B., Nunes, L.H., Paterson, S., Gray, A.J., Lockman, J.T., Kartez, J., Moreira, F.A., Greco, R., Harari, J., Souza, C.R.G., Alves, L.M., Hosokawa, E.K. and Tabuchi, E.K. (2017) An Integrated Framework to Analyze Local Decision Making and Adaptation to Sea Level Rise in Coastal Regions in Selsey (UK), Broward County (USA), and Santos (Brazil). *American Journal of Climate Change*, 6, 403–424. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2017.62021>
- Marengo JA, Cunha AP, Nobre CA, Magalhaes AR, Soares WR, Torres RR, Alves LM, Ribeiro Neto G, Brito SSB, Cuartas A, Leal K, Alvala RCS (2018) Risk of Drought in the Drylands of Northeast Brazil Due to Regional Warming Above 40C. submetido à *Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS*, 2018.
- Marengo J.A., Oliveira G.S., Alves L.M. (2015) Climate Change Scenarios in the Pantanal. In: Bergier I., Assine M. (eds) *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America. The Handbook of Environmental Chemistry*, vol 37. Springer, Cham
- Marino, NAC, Srivastava DS, MacDonald AAM, Leal JS, Campos ABA e Farjalla VF (2017) Rainfall and hydrological stability alter the impact of top predators on food web structure and function. *Global Change Biology* 23:673–685.
- McNeely JA, Mittermeier RA, Brooks TM, Boltz F, Ash N (2009) *The Wealth of Nature: Ecosystem Services, Biodiversity, and Human Well-Being*. CEMEX, Conservation International. Arlington, VA, USA.
- Medeiros, R. & Young; C.E.F. 2011. *Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Relatório Final*. Brasília: UNEP-WCMC, 120p.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil. Plano ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República, Brasil. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de

- uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília MAPA/ACS, 2012. 173 p.
- MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima (2016) Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume III, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 336p.
 - Ministério da Saúde, 2018. Desastres naturais e saúde: análise do cenário de eventos hidrológicos no Brasil e seus potenciais impactos sobre o Sistema Único de Saúde. Boletim Epidemiológico 10, vol. 49. Março 2018.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Acordo de Paris. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Brazil and Norway Extend Groundbreaking Climate and Forest Partnership. Joint Press Statement of the Governments of Brazil on Norway, Paris, November 30th 2015.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em : <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Declaração Conjunta Brasil-Alemanha sobre Mudança do Clima. Brasília, 20 de agosto de 2015.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade – EPANB. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/conven%C3%A7%C3%A3o-da-diversidade-biol%C3%B3gica/estrat%C3%A9gia-e-plano-de-a%C3%A7%C3%A3o-nacionais-para-a-biodiversidade-epanb.html>.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Moratória da soja conserva Amazônia. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/14566-noticia-acom-2018-01-2792.html>.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado. Brasília: MMA, 2011. 200 p.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). Disponível em: <http://redd.mma.gov.br/pt/acompanhamento-e-a-analise-de-impacto-das-politicas-publicas/ppcdam>.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA). Portaria Nº 150, de 10 de Maio de 2016. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao>.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/planos-setoriais-de-mitigacao-e-adaptacao>.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/florestas/pol%C3%ADtica-nacional-de-recupera%C3%A7%C3%A3o-da-vegeta%C3%A7%C3%A3o-nativa.html>.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Política Nacional sobre Mudança do Clima. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima>.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Projeto FIP CAR. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/projeto-fip-car>.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Áreas Protegidas. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas – PNAP. Decreto Nº 5.758, de 13 de Abril de 2006. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/240/_arquivos/decreto_5758_2006_pnap_240.pdf.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Departamento de Políticas de Combate ao Desmatamento. ENREDD+: estratégia nacional para redução das emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal, conservação dos estoques de carbono florestal, manejo sustentável de florestas e aumento de estoques de carbono florestal. Brasília, 2016.
 - Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasil. Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/sistema-nacional-de-ucs-snuc>
 - Mittermeier RA, Robles-Gil P, Mittermeier CG, Eds (1997) Megadiversity: Earth's Biologically Wealthiest Nations. CEMEX, Conservation International, Arlington, VA, USA.
 - Monasterio, LM, Neri, MC, Soares, SSD (2014). In book: Brasil em Desenvolvimento 2014: Estado, Planejamento e Políticas Públicas, Chapter: 2, Publisher: IPEA, Editors: Leonardo Monteiro Monasterio, Marcelo Côrtes Neri, Sergei Suarez Dillon Soares, pp.41-59
 - Montero N, dei Marcovaldi MAG, Lopez–Mendilaharsu M, Santos AS, Santos AJB, Fuentes MMPB (2018) Warmer and wetter conditions will reduce offspring production of hawksbill turtles in Brazil under climate change. PLoS ONE 13(11):e0204188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204188>
 - Mora C, Caldwell IR, Caldwell JM, Fisher MR, Genco BM, Running SW (2015) Suitable days for plant growth disappear under projected climate change: potential human and biotic vulnerability. PLOS Biology | DOI:10.1371/journal.pbio.1002167.
 - Moss, R., M. Babiker, S. Brinkman, E. Calvo, T. Carter, J. Edmonds, I. Elgizouli, S. Emori, L. Erda, K. Hibbard, R. Jones, M. Kainuma, J. Kelleher, J. F. Lamarque, M. Manning, B. Matthews, J. Meehl, L. Meyer, J. Mitchell, N. Nakicenovic, B. O'Neill, R. Pichs, K. Riahi, S. Rose, P. Runci, R. Stouffer, D. van Vuuren, J. Weyant, T. Wilbanks, J. P. van Ypersele and M. Zurek, 2008: Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts and response strategies. IPCC Expert Meeting Report, 19-21 September, 2007, Noordwijkerhout, Netherlands, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland, 132 pp.
 - Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403:853–858.
 - Nações Unidas no Brasil (ONU BR). Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://naacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>.
 - Nobre CA, Marengo JA, Seliuchi ME, Cuartas LA (2016) Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. Journal of Water Resource and Protection, v. 08, p. 252-262.
 - Nobre, I, Nobre, CA (2018). The Amazonia Third Way Initiative: the role of technology to unveil the potential of a novel tropical biodiversity-based economy. In: Loures, L. C (Ed.), Land Use - Assessing the Past, Envisioning the Future. Open Access Book, IntechOpen, ISBN 978-953-51-6945-1 (no prelo).

- Nobre CA, Sampaio G, Borma LS, Castilla-Rubio JC, Silva JS, Cardoso M (2016) Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113:10759–10768.
- OECD (2012) Structural reform in a crisis environment. Disponível em: <http://www.oecd.org/eco/growth/49797575.pdf>
- Oliveira G, Lima-Ribeiro MS, Terribile LC, Dobrovolski R, Telles MPC, Diniz-Filho JAF (2015) Conservation biogeography of the Cerrado's wild edible plants under climate change: linking biotic stability with agricultural expansion. *Journal of Botany* 102:6-1.
- Oliveira G, Araújo MB, Rangel TF, Alagador D, Diniz-Filho JAF (2012) Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. *Biodiversity and Conservation* 21(11):2913-2916.
- PBMC, 2018: Role of Bio-based Building Materials in Climate Change Mitigation: Special Report of the Brazilian Panel on Climate Change. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 20p. ISBN: 978-85-285-0376-0.
- PBMC, 2016a: Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9.
- PBMC, 2016b: Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184p. ISBN: 978-85-285-0345-6
- PBMC, 2013: Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT2. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 28 p. ISBN: 978-85-285-0208-4.
- PBMC, 2014a: Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp. ISBN: 978-85-285-0207-7.
- PBMC, 2014b: Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Assad, E.D., Magalhães, A. R. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 414 pp. ISBN: 978-85-285-0207-7
- Pant LP, Adhikari B, Bhattarai KK (2015) Adaptive transition for transformations to sustainability in developing countries. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14:206–212.
- Parmesan C (2006) Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37:637-669.
- Peterson AT, Soberón J, Pearson RG, Anderson RP, Martínez-Meyer E, Nakamura M, Araújo MB (2011) Ecological niches and geographic distributions. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Pires APF, Leal JS e Peeters ETHM (2017) Rainfall changes affect the algae dominance in tank bromeliad ecosystems. *PLOS ONE* 12:e0175436.
- Pires, APF, Marino NAC, Srivastava DS e Farjalla VF (2016) Predicted rainfall changes disrupt trophic interactions in a tropical aquatic ecosystem. *Ecology* 97:2750–2759.
- Pires, APF, Srivastava DS, Marino NAC, MacDonald AAM, Figueiredo-Barros MP e Farjalla VF (2018) Interactive effects of climate change and biodiversity loss on ecosystem functioning. *Ecology* 99:1203–1213.
- Portal ICMS Ecológico. O destino consciente da sua carga tributária - O ICMS Ecológico na Constituição Brasileira. Disponível em: http://www.icmsecologico.org.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=81
- Reis T, Ribeiro V., Moutinho P, Guimarães A., Stabile M., Alencar A., Crisostomo A.C., Silva, D., Shimbo J. (2017) Climate challenges and opportunities in the Brazilian Cerrado. Policy Brief, November 2017. IPAM. Disponível em: <http://ipam.org.br/desmatamento-no-cerrado-foi-maior-do-que-na-amazonia-em-15-anos/> Acesso: agosto 2018.
- Riahi K., van Vuuren D. P., Kriegler E., Edmonds J., O'Neill B.C., Fujimori S., Bauer N., Calvin K., Dellink R., Fricko O., Lutz W., Popp A., Cuaresma J.C., Samir KC, Leimbach M., Jiang L., Kram T., Rao S., Emmerling J., Ebi K., Hasegawa T., Havlik P., Humpenöder F., Silva L.A., Smith S., Stehfest E., Bosetti V., Eom J. , Gernaat D., Masui T., Rogelj J., Strefler J., Drouet L., Krey V., Luderer G., Harmsen M., Takahashi K., Baumstark L., Doelman J. C., Kainuma M., Klimont Z., Marangoni G., Lotze-Campen H., Obersteiner M., Tabeau A., Tavoni M., The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, Vol. 42, 2017, Pp. 153-168, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>.
- Ribeiro BR, Sales LP, De Marco P, Loyola R (2016) Assessing mammal exposure to climate change in the Brazilian Amazon. *PLoS ONE* 11:e0165073.
- Ribeiro BR, Sales LP, Loyola R (2018) Strategies for mammal conservation under climate change in the Amazon. *Biodiversity and Conservation*, 27(8):1943–1959.
- Ribeiro LF, Bornschein MR, Belmonte-Lopes R, Firkowski CR, Morato SR, Pie MR (2015) Seven new microendemic species of Brachycephalus (Anura: Brachycephalidae) from southern Brazil. *Life&Environment*. Disponível em: <https://peerj.com/articles/1011/>
- Ribeiro MC, Martensen AC, Metzger JP, Tabarelli M, Scarano FR, Fortin MJ (2011) The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. Pp. 405-434. In: Zachos FE, Habel JC (eds) *Biodiversity hotspots*. Springer, Heidelberg.
- Rolin, S. G e Piotto, D. (Editores), 2018. *Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica*. Rona Editora, Belo Horizonte. 180 p. ISBN 978-85-62805-90-5.
- Rosenzweig C, Solecki W, Romero-Lankao P, Mehrotra S, Dhakal S, Bowman T, and Ali Ibrahim S (2015) ARC3.2 Summary for City Leaders. Urban Climate Change Research Network. Columbia University. New York.
- Saatchi, S.S., et al. (2011). Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proc Natl Acad Sci USA*. 108(24):9899–9904.
- Sales LP, Neves OV, Marco P De, Loyola R (2017) Model uncertainties do not affect observed patterns of species richness in the Amazon. *PLOS ONE*, 12(10):e0183785.
- Sardar, Z., Sweeney, J.A. (2016) The three tomorrows of postnormal times. *Futures* 75:1-13.
- Sawyer D (2008) Climate change, biofuels and eco-social impacts in the Brazilian Amazon and Cerrado. *Philosophical Transactions*

- of the Royal Society B 363:1747–1752.
- Scarano, F.R., Garcia, K., Diaz-de-Leon, A., Queiroz, H.L., Rodriguez Osuna, V., Silvestri, L.C., Díaz, C.F., Pérez-Maqueo, O., Rosales, M., Salabarría, D.M., Zanetti, E.A., Farinaci, J.S., 2018: Options for governance and decision-making across scales and sectors. Pp. xxx – xxx. In: (eds.). Americas Regional Assessment. Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services.
 - Scarano, F.R. Ecosystem-based adaptation to climate change: concept, scalability and a role for conservation science. *Perspect Ecol Conserv.* (2017). <http://dx.doi.org/10.1016/j.pecon.2017.05.003>
 - SEEG (2017a) Emissões de GEE no Brasil e sua contribuição para políticas públicas e a contribuição brasileira para o acordo de Paris (Período 1970-2015). Disponível em: http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2017/10/RelatoriosSeeg2017-Sintese_final.pdf
 - SEEG (2017b) Emissões de GEE no Brasil: Mudança de uso da Terra (Período 1990-2015) e http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2017/08/Relatorios-Seeg-2017_MUT_final.pdf
 - SEEG (2018) Emissões de GEE no Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o acordo de Paris (Período 1970-2016). Disponível em: <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/08/Relatorios-SEEG-2018-Sintese-FINAL-v1.pdf>
 - Soares-Filho B, Moutinho P, Nepstad D et al (2010) Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(24): 10821-10826
 - Scarano FR (2017) Ecosystem-based adaptation to climate change: concept, scalability and a role for conservation science. *Perspectives in Ecology and Conservation* 15:65–73.
 - Scarano FR, Ceotto P (2015) Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability and adaptation to climate change. *Biodiversity and Conservation* 24(11):2913-2916: 2319-2331.
 - Scarano FR, Guimarães A, Silva JM (2012) Lead by example. *Nature* 486: 25-26.
 - Seddon AWR, Macias-Fauria M, Long PR, Benz D, Willis KJ (2016) Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature* DOI 10.1038/nature16986
 - Segan DB, Murray KA, Watson JEM (2016) A global assessment of current and future biodiversity vulnerability to habitat loss–climate change interactions. *Global Ecology and Conservation* 5:12-21.
 - Silva JMC, Prasad S (2017) Green and socioeconomic infrastructures in the Brazilian Amazon: implications for a changing climate. *Climate and Development* DOI 10.1080/17565529.2017.1411242
 - Sloan S, Jenkins CN, Joppa LN, Gaveau DLA, Laurance WF (2014) Remaining natural vegetation in the global biodiversity hotspots. *Biological Conservation* 177:12–24.
 - Souza-Filho FA, Scarano FR, Nicolodi JL, Vital H, Klein AHF, Travassos PEPF, Hazin FHV, Pellegrino GQ, Takagi M (2014) Recursos naturais, manejo e uso de ecosystems. Pp. 43-200. In: Assad ED, Magalhães AR (eds) Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. COPPE, Rio de Janeiro Federal University, Rio de Janeiro, Brazil.
 - Steffen W, Richardson K, Røckstrom J, et al. (2015) Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 347, DOI 10.1126/science.1259855.
 - Strassburg BBN, Brooks T, Feltran-Barbieri R, Iribarrem A, Cruzeilles R, Loyola R, Latawiec AE, Oliveira-Filho FJB, Scaramuzza CAM, Scarano FR, Soares-Filho B, Balmford A (2017) Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology and Evolution* 1:0099. DOI 10.1038/s41559-017-0099.
 - Strassburg, BBN, Latawiec AE, Barioni LG et al. (2014). When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Glob. Environ. Change* 28, 84–97.
 - Tabarelli M, Leal IR, Scarano FR, Silva JMC (2017) The Future of the Caatinga. Pp. 461–474. In: Silva JMC, Leal IR, Tabarelli M (eds) *Caatinga*, Springer, Cham.
 - Thomas CD, Cameron A, Green RE, Bakkenes M, Beaumont LJ, Collingham YC, Erasmus BFN, Siqueira MF, Grainger A, Hannah L, Hughes L, Huntley B, Jaarsveld AS van, Midgley GF, Miles L, Ortega-Huerta MA, Peterson AT, Phillips OL, Williams SE (2004) Extinction risk from climate change. *Nature* 427:145-148.
 - Thornton TF, Combetti C (2017) Synergies and trade-offs between adaptation, mitigation and development. *Climatic Change* 140(1):5-18.
 - United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. 2015. Disponível em: <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/43291>
 - UNDP (2010). Latin America and the Caribbean: a Biodiversity Superpower - Policy Brief. New York, United Nations Development Program.
 - United Nations Conference on Sustainable Development (UNCSD). Sustainable Development Goals Knowledge Platform. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/rio20/about>
 - United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). About Carbon Pricing. Disponível em: <https://unfccc.int/about-us/regional-collaboration-centres/the-ci-aca-initiative/about-carbon-pricing#eq-1>
 - UNFCCC (2017) Adaptation planning, implementation and evaluation addressing ecosystems and areas such as water resources. Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice Forty-sixth session. May 2017. Disponível em: <http://www4.unfccc.int/sites/nwp/Pages/ecosystems-page.aspx>
 - United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Article 1. Disponível em: https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf
 - United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). What is the Paris Agreement? Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/what-is-the-paris-agreement>
 - Urban MC (2015) Accelerating extinction risk from climate change. *Science* 348:571-573.
 - Vasconcelos TS, Nascimento BTM e Prado VHM (2018) Expected impacts of Climate change threaten the anuran diversity in the Brazilian Hotspots. *Ecology and Evolution*. 2018 Aug; 8(16): 7894–7906.
 - USA National Phenology Network. Why Phenology? Disponível em: <https://www.usanpn.org/about/why-phenology>.
 - Vieira RRS, Ribeiro BR, Resende FM, Brum FT, Machado N, Sales LP, Macedo L, Soares-Filho B, Loyola R (2018) Compliance to Brazil's Forest Code will not protect biodiversity and ecosystem services. *Diversity and Distributions*, 24(4):434–438.

- Visconti P, Bakkenes M, Baisero D, Brooks T, Butchart SHM, Joppa L, Alkemade R, Di Marco M, Santini L, Hoffmann M, Maiorano L, Pressey RL, Arponen A, Boitani L, Reside AE, van Vuuren DP, Rondinini C (2015) Projecting global biodiversity indicators under future development scenarios. *Conservation Letters* DOI: 10.1111/conl.12159
- Wang, J, Krejci, R, Martin, ST (2016) Amazon boundary layer aerosol concentration sustained by vertical transport during rainfall, *Nature*, volume 539, pages 416–419. DOI: 10.1038/nature19819.
- Whitmere et al., 2015. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of the Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. *Lancet* 2015; 386: 1975-2018. Published online: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1).
- Wing SL, Harrington GJ, Smith FA, Bloch JI, Boyer DM, Freeman KH (2005) Transient floral change and rapid global warming at the Paleocene-Eocene boundary. *Science* 310, 993–996.
- World Life Issues on Environment and Development (WCED). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Stockholm, 1987. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- Young, CEF, Medeiros, R (2018) Quanto vale o verde: a importância econômica das unidades de conservação brasileiras / Carlos Eduardo Frickmann Young & Rodrigo Medeiros (Organizadores). – Rio de Janeiro: Conservação Internacional, 2018. 180p.
- Yu M, Wang G, Parr D, Ahmed KF (2014) Future changes of the terrestrial ecosystem based on a dynamic vegetation model driven with RCP8.5 climate projections from 19 GCMs. *Climatic Change* 127:257–271.
- Xapuri Socioambiental (2018). Bioeconomia: Na Amazônia novos ecossistemas de inovação e o enraizamento. Entrevista. Disponível em: < <https://www.xapuri.info/amazonia-agenda/bioeconomia-na-amazonia-novos-ecossistemas-de-inovacao-e-o-enraizamento/>>. Acesso em: 12.11.2018
- Zanin M, Tessarolo G, Machado N, Albernaz ALM (2017) Climatically-mediated landcover change: impacts on Brazilian territory. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89:939-952.
- Zwiener VP, Padial AA, Marques MCM, Faleiro FV, Loyola R, Peterson AT (2017) Planning for conservation and restoration under climate and land use change in the Brazilian Atlantic Forest. *Diversity and Distributions* 23:955–966.