



Artigo

Impactos das mudanças climáticas na biodiversidade brasileira e o desafio em estabelecer uma gestão integrada para a adaptação e mitigação

Impacts of climate change in brazilian biodiversity and the challenge in establishing an integrated management for adaptation and mitigation

Impactos del cambio climático en la biodiversidad brasileña y el desafío en establecer una gestión integrada de adaptación y mitigación

Conséquences des Changements Climatiques sur la Diversité Biologique Brésilienne et le Défi de la Mise en Place d'une Gestion Intégrée pour l'Adaptation et l'Atténuation

Helôisa Camargo Tozato¹, Neli Aparecida Mello-Théry² e Vicent Dubreuil³

¹ Doutoranda pelo Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo (PROCAM-USP, São Paulo, SP, Brasil) e pela l'Ecole Doctorale Sciences Humaines et Sociales de l'Université de Rennes 2 - Doctorat en Géographie, Rennes, França.

Correspondência: E-mail: htozato@gmail.com

² Doutora em Geografia pela Universidade de São Paulo, Brasil, e em Géographie pela Université de Paris X, França. Atualmente é Professora Associada da Escola de Artes, Ciências e Humanidades e dos Programas de Pós-Graduação em Ciência Ambiental e em Geografia Humana da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência: E-mail: namello@usp.br

³ Pesquisador do Laboratório LETG-Rennes-COSTEL - Climat, occupation du sol par télédétection e Professor Titular da Université Rennes 2, Rennes, França.

Correspondência: E-mail: vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr

Resumo

Com o intuito de explorar os possíveis impactos das mudanças climáticas na biodiversidade dos ecossistemas brasileiros e de identificar as respostas do quadro político-instrumental nacional capazes de diminuir sua vulnerabilidade, o presente artigo foi dividido em duas partes. Na primeira, foram investigadas as respostas observadas e projetadas dos organismos aos novos nichos climáticos conforme o Documento Técnico V - Mudanças Climáticas e Biodiversidade do Grupo II – Impactos, adaptação e vulnerabilidade do IPCC. Na segunda parte, foram identificadas as ferramentas de gestão, do atual quadro político-instrumental, que podem auxiliar ações de adaptação e mitigação. A pesquisa indicou que as respostas ecológicas dos organismos às mudanças climáticas têm sido observadas nos biomas brasileiros e medidas de intervenção de adaptação e mitigação são necessárias para reduzir sua vulnerabilidade. A este respeito, o Brasil apresenta um vasto quadro político instrumental. Contudo, é necessário que os instrumentos de gestão apresentem uma integração e complementaridade positiva de ações, inclusive no que se refere às diferentes escalas, a ponto de cada um facilitar ou não atrapalhar a efetividade de aplicação dos outros, dentro de seu limite de atuação. A formulação e implementação de um eixo integrador com força jurídica e social, por exemplo, poderia associar textualmente cada política setorial brasileira dentro de seus respectivos campos de atuação de conservação e proteção dos recursos naturais, de redução de gases do efeito estufa e de planejamento regional e local.

Palavras-chave: Gestão da biodiversidade, Políticas públicas, Gestão ambiental, Conservação, Planejamento territorial.

Abstract

In order to explore the possible impacts of climate change on Brazilian biodiversity ecosystems and to identify the responses of the national political-instrumental framework capable of reducing their vulnerability, this article has been divided into two parts. In the first one, were investigated the observed and projected responses of the organisms to the new climatic niches, according to the Technical Document V-Climate Change and Biodiversity of Group II - Impacts, adaptation and vulnerability of the IPCC. In the second part, were identified the tools of management of the current political-instrumental framework that can help adaptation and mitigation actions. The research has indicated that organism's ecological responses to climate change have been observed in Brazilian biomes and adaptation and mitigation intervention measures are necessary to reduce their vulnerability. In this regard, Brazil has a vast instrumental policy framework, but it is necessary that the management tools present a positive integration and complementarity of actions, including in the different scales, to the extent that each facilitates or does not interfere with the effectiveness of the others, within their limits of performance. The formulation and implementation of an integrating axis with legal and social force, for example, could textually associate each Brazilian sector policy within its respective subjects of action for conservation and protection of natural resources, reduction of greenhouse gases and regional and local planning.

Keywords: Biodiversity management, Public policies, Management tools, Conservation, Territorial planning.

Resumen

Con el fin de explorar los posibles impactos del cambio climático en la biodiversidad de los ecosistemas brasileños y de identificar las respuestas del cuadro político-instrumental nacional capaces de disminuir su vulnerabilidad, el presente artículo se dividió en dos partes. En la primera, se investigaron las respuestas observadas y proyectadas de los organismos a los nuevos nichos climáticos conforme al Documento Técnico V-Cambios Climáticos y Biodiversidad del Grupo II- Impactos, adaptación y vulnerabilidad del IPCC. En la segunda parte, se identificaron las herramientas de gestión del actual cuadro político-instrumental que pueden auxiliar acciones de adaptación y mitigación. La investigación indicó que las respuestas ecológicas de los organismos al cambio climático han sido observadas en los biomas brasileños y las medidas de intervención de adaptación y mitigación son necesarias para reducir su vulnerabilidad. Al respecto de esta situación, Brasil presenta un vasto cuadro político instrumental, sin embargo es necesario que los instrumentos de gestión presenten una integración y complementariedad

positiva de acciones, incluso en lo que se refiere a las diferentes escalas, a punto de cada uno facilitar o no entorpecer la efectividad de aplicación de los demás, dentro de su límite de actuación. La formulación e implementación de un eje integrador con fuerza jurídica y social, por ejemplo, podría asociar textualmente cada política sectorial brasileña dentro de sus respectivos bloques de actuación de conservación y protección de los recursos naturales, de reducción de gases de efecto invernadero y de planificación local y regional.

Palabras-clave: Gestión de la biodiversidad, Políticas públicas, Instrumentos de gestión, Conservación, Planificación territorial.

Résumé

Afin d'explorer les impacts possibles du changement climatique sur la biodiversité des écosystèmes brésiliens et d'identifier les réponses du cadre politique-instrumental national capable de réduire leur vulnérabilité, ce document a été divisé en deux parties. Dans la première, les réponses observées et projetées des organismes aux nouvelles niches climatiques ont été étudiées conformément au Document technique V - Changements climatiques et biodiversité du Groupe II - Impacts, adaptation et vulnérabilité du GIEC. Dans la deuxième partie, les outils de gestion du cadre politique instrumental actuel qui peuvent aider les actions d'adaptation et d'atténuation ont été identifiés. La recherche a indiqué que les réponses écologiques des organismes au changement climatique ont été observées dans les biomes brésiliens et que des mesures d'adaptation et d'atténuation sont nécessaires pour réduire leur vulnérabilité. À cet égard, le Brésil dispose d'un cadre d'actions politiques vaste. Cependant, il est nécessaire que les instruments de gestion se présentent intégrées avec une complémentarité positive des actions, notamment aux différentes échelles. L'objectif est de s'assurer que ces actions encouragent l'efficacité de chacune sans nuire aux performances des autres. La formulation et la construction d'un axe d'intégration ayant une force juridique et sociale pourrait, par exemple, associer littéralement toutes politiques sectorielles du Brésil au sein de leurs blocs d'actions de conservation et de protection des ressources naturelles, de réduction des gaz à effet de serre et de la planification locale et régionale.

Mots-clés: Gestion de la biodiversité, Politiques publiques, Instruments de gestion, Conservation, Aménagement du territoire.

Introdução

A mudança climática é definida pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) como a existência de alterações nas propriedades do clima, tal como mudanças em seu estado médio, desvios-padrão e ocorrência de eventos extremos que extrapolam os eventos climáticos individuais nas escalas espaciais e temporais, e persistem durante um longo período de tempo, tipicamente de décadas ou mais (Stocker e cols, 2013).

Alguns de seus indicadores globais observados compreendem o aumento de 32% da concentração de CO₂ e de 151% da concentração de CH₄ na atmosfera entre 1750 e 2000; o aumento da temperatura média global da superfície de até 0,6°C nos últimos 100 anos; o aumento de 5 a 10% da precipitação na maioria das latitudes médias e altas dos continentes do Hemisfério Norte e diminuição da mesma em até 3% na maioria das áreas subtropicais; a diminuição de 10% da extensão da cobertura de neve e gelo no Hemisfério Norte (especialmente na América, Europa e Ásia) desde o final da década de 1960 devido a alterações na primavera; a maior frequência e intensidade de episódios de aquecimento do fenômeno ENSO desde a década de 1970; e a maior frequência e intensidade de episódios de eventos extremos (Solomon e cols, 2007).

No Brasil, mudanças climato-hidrológicas regionais foram observadas no bioma Pantanal nos últimos 40 anos por Tozato e cols (2013) e Tozato (2015); no bioma Amazônia nos últimos 30 anos por Gomes e cols (2015), Dubreuil e cols (2012) e Debortoli e cols (2012); e no bioma Pampas nos últimos 40 anos por Mendonça (2006), entre outros. Além desses estudos, previsões da continuidade de modificações climáticas nos biomas brasileiros até 2040 e 2100 foram reunidas e divulgadas no relatório do Grupo 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (Souza e Manzi, 2014).

Os efeitos da mudança do clima, da previsão de sua amplificação e ambos associados aos impactos de vetores antrópicos intencionais e/ou acidentais constituem elementos chave da atual questão que preocupa a comunidade científica sobre como os organismos irão responder à sinergia de tais fatores (Oliver e Morecroft, 2014; Dawson e cols, 2011; Woodward e cols, 2010).

Caracterizada por causar eventos casuais e feedbacks positivos e negativos potencialmente mais agressivos do que os efeitos exclusivos de cada uma das variáveis envolvidas, ela interfere nas diferentes escalas de organização biológica (genética, populacional, espécies, comunidades e ecossistemas) e localização espacial (habitat, local, regional e continental) (Heino e cols, 2009). Para impedi-la, minimizá-la e/ou revertê-la é fundamental a implantação de instrumentos de gestão do espaço que regulem ações concretas de adaptação e de mitigação em curto, médio e longo prazo, e que permitam a combinação de estratégias de conservação em diferentes escalas, urgências e intensidade de intervenção (Tozato, 2015).

Diante deste cenário e considerando a atual conjuntura brasileira de intensificação de perda de hábitat dos ecossistemas brasileiros (Souza-Filho e cols, 2015), o presente artigo buscou evidenciar os mecanismos de pressão e respostas da biodiversidade às mudanças climáticas, reunir os estudos que tratam sobre essas perturbações nos biomas do país e discutir

como o atual quadro político-instrumental poderia auxiliar as ações de adaptação e mitigação. Para tanto, foram realizadas a análise retrospectiva dos registros sistematizados de informações, obtidos por meio da observação participante (Minayo, 2011; 2002) em reuniões técnicas nacionais e internacionais e conferências das partes; e a recuperação bibliográfica e documental, tal qual Prates e Irving (2015) e Mello-Théry e cols (2013).

1. Impactos das mudanças climáticas na biodiversidade

O fato de quase a totalidade dos aspectos da vida dos organismos ser associada ao nicho climático, um elemento do nicho ambiental¹, definido por limites da variação climática que garantem a taxa positiva de crescimento dos organismos se nele contidos (Pearman e cols, 2007), classifica as mudanças climáticas observadas e previstas como um expressivo vetor de pressão na biodiversidade.

O vínculo dá-se dentro de complexas relações ecológicas, onde os elementos do clima constituem fatores funcionalmente significativos que os controlam seguindo os princípios ecológicos das Leis do Mínimo, Lei dos Fatores Limitantes e Lei da Tolerância discutidos por Odum e cols (1971). Uma vez que cada espécime é regido tanto pelos limites de tolerância quanto pela quantidade e variabilidade de fatores essenciais (como temperatura, pluviosidade, umidade, etc), a performance biológica pode ser impossibilitada, dificultada ou otimizada nas escalas de indivíduos, populações, espécies, composição e função dos ecossistemas (Tozato, 2015).

A temperatura, por exemplo, considerada um fator universalmente limitante, controla, juntamente com os ritmos de luz, humidade e de marés, as atividades sazonais e diárias dos organismos. Eles reagem tanto ao seu aumento quanto à sua diminuição, por meio de mudanças fisiológicas (como, por exemplo, desnaturação proteica, atividade enzimática, período de maturação das gônadas, espermatogênese, determinação sexual, desenvolvimento de ovos e de larvas, coloração, taxa de comprimento do corpo, sobrevivência, etc) e comportamentais que diferem entre espécies e entre suas fases do ciclo de vida, dependendo da tolerância (Johnston, Bennet, 1996).

Enquanto temperaturas mais elevadas podem acelerar o desenvolvimento da flora (volume, peso, forma e estrutura), baixas temperaturas podem prolongar o tempo de seu ciclo de vida de semente a semente. Em animais, o acréscimo térmico amplifica e acelera a maioria dos processos metabólicos (Schmidt-Nielsen, 1997a). Em outros níveis de organização biológica, o cenário de aquecimento sobre organismos que se encontram na faixa termal ótima influencia sua riqueza tanto devido à invasão de espécies euritérmicas e perda da diversidade de espécies

¹ O nicho ambiental reúne todas as condições ambientais que atendem os requisitos necessários para a manutenção da taxa de crescimento populacional positivo de uma espécie (PEARMAN e cols, 2007).

estenotérmicas; quanto pela diminuição da riqueza em ecossistemas relativamente homogêneos (Woodward e cols, 2010). Da mesma forma, prevê-se que o aquecimento beneficie mais espécies ectotérmicas em relação às endotérmicas (com efeitos diferentes entre os grupos de vertebrados), como observaram Zhao e cols (2006) na China e Aragon e cols (2010) na Espanha. Destaca-se que neste estudo de Aragon e cols (2010) a variabilidade térmica teve menor importância na alteração da distribuição de anfíbios, répteis e aves do que a precipitação, outra importante variável climática do ponto de vista ecológico.

A precipitação é considerada o principal impulsionador do sistema hidrológico da superfície terrestre e constitui, geralmente, o fator limitante que determina se a maior parte das áreas terrestres mundiais serão desertos, pradarias ou florestas (Muir, 1992). Ela atua em conjunto com a evaporação e o transporte de vapor d'água e proporciona, por meio de sua distribuição temporal e espacial, e juntamente com fontes ou mananciais subterrâneos e abastecimentos vizinhos, a oferta de água para as funções biológicas dos organismos.

Como exemplo, a diminuição das chuvas acarreta na flora, em associação com outros elementos (como a elevada evaporação e a acumulação de íons provenientes do intemperismo de atividades antrópicas), a alteração na absorção hídrica e de nutrientes nas membranas, refletindo no balanço hídrico e nutricional. Tais fatores resultam em mudanças em seu metabolismo, balanço hormonal, trocas gasosas e produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Prisco e Filho, 2010).

Na fauna aquática, uma vez que a presença da água é fisiologicamente imprescindível para o processo de regulação iônica no qual a concentração de solutos deve ser mantida dentro de limites bastante restritos nos fluidos do corpo, a manutenção apropriada das concentrações iônicas internas pode ser obtida, dentro do limite tolerado, pela diminuição de sua permeabilidade e pela regulação do gradiente de concentração entre os fluidos do corpo e o ambiente (Schmidt-Nielsen, 1997b). Em uma situação de menor influxo de água, elevada evaporação e aumento da temperatura, espera-se que haja, por exemplo, a substituição de espécies de peixes estenoalinas de ambientes lacustres de baixas altitudes pelas eurialinas (BELL e cols, 2011), como aconteceu nas microbacias de Ontario, EUA (Minns, Moore, 1995).

Deste modo, em um cenário de mudanças climáticas, várias podem ser as respostas observadas e projetadas dos organismos aos novos nichos climáticos. Como exemplo, o Documento Técnico V - Mudanças Climáticas e Biodiversidade (Gitay e cols, 2002) e os Relatórios Quarto (Parry e cols, 2007) e Quinto (Field e cols, 2014) do Grupo II - Impactos, adaptação e vulnerabilidade do IPCC têm verificado mudanças na fenologia, na distribuição, na abundância, na morfologia e na reprodução das espécies; alterações nas comunidades e em processos ecossistêmicos; modificações nos processos evolutivos das espécies; e extinções e invasões. Muitas delas têm sido observadas nos biomas brasileiros, como segue.

Mudanças na fenologia das espécies

O As alterações na fenologia das espécies (mudanças no tempo dos eventos biológicos) tal como mudanças sazonais do comportamento de insetos, anfíbios, répteis, pássaros e vegetais talvez constituam, segundo Parry e cols (2007), o processo mais simples e claro para o acompanhamento das modificações na ecologia dos organismos em resposta às mudanças climáticas.

No caso das plantas, a identificação dos eventos climáticos no tempo e no espaço permite descrever detalhes de suas relações com o ambiente, uma vez que cada etapa de seu ciclo de vida necessita de demandas hídricas, fotoperiódicas e térmicas. As respostas à variação desses fatores incluem alterações na formação de folhas, na floração, no amadurecimento de frutos, coloração das folhas, queda de folhas, na fotossíntese e respiração (Saxe e cols, 2001) e suas consequências são generalizadas para as interações tróficas, serviços ecossistêmicos e interações biosfera-atmosfera, uma vez que cada uma delas apresenta magnitude e direção diferentes (Cleland e cols, 2007; Parmesan, 2007).

Em animais, mudanças fenológicas são observadas, por exemplo, em borboletas, peixes, répteis e mamíferos e embora haja diferenças em relação às espécies, regiões, eventos observados e métodos aplicados, os dados mostram que o recente aquecimento climático vem provocando o prolongamento da estação de crescimento com a antecipação da primavera e retardo do outono durante a segunda metade do século XXI (Parry e cols, 2007). Em populações de aves, o aquecimento global tem causado modificações na alimentação (Visser e cols, 2006; Crick e cols, 1997; Winkel e Hudde 1997) e na migração (Jonzen e cols, 2006; Gordo e cols, 2005; 2007; Cotton 2003; Tryjanowski e cols, 2002).

Segundo Jones e Cresswell (2010), uma vez que as alterações climáticas não ocorrem igualmente sobre o globo, a interferência na fenologia pode chegar a tal ponto que a migração pode tornar-se inoportuna devido à falta de sincronização com a disponibilidade de recursos para alimentação, abrigo e reprodução.

No Brasil, mudanças na fenologia de espécies devido aos efeitos da mudança do nicho climático foram identificadas no bioma Pantanal, onde houve aumento das fenofases de brotamento e senescência foliar da palmeira *Bactris glaucesens* por conta das condições de temperatura e precipitação elevadas (Fava, 2010); e onde Mattos (1999) observou uma relação negativa do crescimento radial de *Tabebuia heptaphylla* e de *Anadenanthera colubrina* com a precipitação local.

Além disso, a chegada antecipada de populações de espécies migratórias neárticas nos EUA e Canadá, devido ao aquecimento global, foi documentada por Butler (2003). São populações de águia-pescadora *Pandion haliaetus*, bate-bunda (ou maçarico pintado) *Actitis macularius*, do maçariquinho (ou maçarico solitário) *Tringa solitaria* e maçarico (ou maçarico de perna amarela) *Tringa flavipes* conhecidas por utilizar o Pantanal de Poconé-MT para alimentação e abrigo (Butler, 2003; Murphy-Klassen e cols, 2005; Varrin e cols, 2007; Solonen, 2008), e que podem estar adaptando seu ciclo fenológico.

Mudanças na distribuição e abundância das espécies

De acordo com os estudos de Gitay e cols (2002), Parry e cols (2007) e Field e cols (2014) outra resposta biológica que vem ocorrendo em uma ampla gama de grupos taxonômicos e localizações geográficas durante o século XX é a expansão da escala ou a contração do alcance geográfico dos organismos. A temperatura tende a ser o principal condutor da alteração geográfica de maneira coordenada e sistemática. Segundo Breashears e cols (2008), o gradiente latitudinal e altitudinal pode levar a três tipos de mudança de distribuição de espécies. São elas: i) alteração da abundância de espécies, mesmo com a manutenção da antiga faixa geográfica tolerada; ii) manutenção da mesma abundância após o estabelecimento em uma zona de maior gradiente latitudinal e altitudinal; e iii) diminuição da abundância (mortalidade generalizada) no novo gradiente latitudinal e altitudinal. Nas situações ii e iii, novas pressões e relações são estabelecidas, mas não necessariamente como eram no intervalo original, uma vez que as espécies podem ser forçadas a interagirem com outras que localizavam-se espacialmente separadas. Como exemplo, Kullman (2001) demonstrou a modificação dos padrões biogeográficos na ordem de 50 a 300km para o norte e 500 a 800m de altitude de três espécies arbóreas termófilas em relação ao aumento de 1.2oC na temperatura da Suécia desde 1920. Resultados semelhantes foram observados por Sanz-Elorza e cols (2003) em espécies arbustivas espanholas devido ao aumento das temperaturas mínimas e máximas da região no período de 1957 a 1991.

No Brasil, este tipo de resposta foi apontado nos biomas Cerrado e Mata Atlântica. No Cerrado, Diniz-Filho e cols (2009) discutem que o aquecimento levará a uma mudança na riqueza máxima de 753 espécies de vertebrados analisadas. A alteração espacial será a partir do sudeste em direção ao centro-sul do bioma, incluindo regiões onde atualmente há atividades pecuárias. Na Mata Atlântica, Colombo e Joly (2010) indicam que a distribuição geográfica presente e futura de 38 espécies arbóreas típicas terá uma supressão e deslocamento à região sul por conta do aumento da concentração de CO₂ e da temperatura até 2050. Também na Mata Atlântica, Lemes e cols (2014) e Loyola e cols (2014) verificaram que o aquecimento será responsável pela modificação da distribuição e alteração da riqueza de espécies de anfíbios no bioma.

Mudanças na morfologia e reprodução das espécies

Segundo os estudos de Gitay e cols (2002), Parry e cols (2007) e Field e cols (2014), na escala regional, o aquecimento tem influenciado o tamanho do corpo de aves e mamíferos e favorecido o alongamento e fortalecimento evolutivo das asas de insetos. Em borboletas, além do tamanho do corpo, ele tem provocado o aumento da abundância por conta da maior postura de ovos. Em aves a mudança é variável quanto ao aumento e diminuição do tamanho dos ovos, mas generalizada quanto à antecipação da época de reprodução. As alterações também têm modificado o período e a quantidade de pólen produzido pelas plantas.

No bioma Amazônia dois estudos apontam respostas biológicas destes tipos. Grandis e cols (2010) discutem que o aumento da concentração de CO₂ e as elevadas temperaturas no

bioma proporcionarão o aumento do crescimento de plantas no período de não alagamento. Segundo eles, o crescimento ocorrerá principalmente em espécies de desenvolvimento rápido. Entretanto, quando a temperatura atingir valores acima dos ótimos para a maioria das plantas, elas possivelmente diminuirão sua atividade metabólica. Phillips e cols (2004) observaram que as mudanças ambientais estimularam o aumento significativo das taxas de rotatividade, mortalidade e recrutamento de espécies de lianas, sendo que a de recrutamento tem excedido consistentemente a de mortalidade ao longo das duas últimas décadas.

Extinções e invasões relacionadas às mudanças do clima

Os A diminuição da distribuição espacial, da abundância e da densidade de indivíduos na faixa geográfica em que ocorrem e a retração do habitat preferido das espécies em função do rápido aquecimento promove casos de extirpação (perda de uma população em um determinado local) ou extinção (perda global de todos os indivíduos de uma espécie) (WILSON e cols, 2004). Evidências foram reunidas por Parry e cols (2007) e Field e cols (2014) para espécies de anfíbios, borboletas e aves, por exemplo. Além das extinções, os autores ressaltam a invasão de espécies, tal como de patógenos e plantas exóticas termófilas devido a flutuação da disponibilidade de recursos provocada pelo aquecimento do clima.

No Brasil estes tipos de respostas foram observados nos biomas Mata Atlântica (MA), Amazônia e Marinho-Costeiro. Na MA os invernos extremamente secos constituem as causas mais prováveis das extinções de anfíbios *Cycloramphus fuliginosus* e da família *Hylodinae* a partir de 1981 no Estado do Espírito Santo (Weygoldt, 1989). Em relação a plantas, Attias e cols (2013) observaram que *Acacia mangium* e *A. mearnsii* têm expandido a distribuição geográfica devido a sua tolerância a escassez de água e nutrientes no solo.

No bioma Amazônia, as mudanças climáticas favoreceram o estabelecimento da quitridiomiose em espécies de anfíbios devido à interferência de variáveis micro e macroclimáticas, como umidade e temperatura na dinâmica da doença, dentro do complexo processo envolvendo os hospedeiros e patógenos (Lips e cols, 2008).

Além desses casos, Castelar e cols (2015) observaram que, nos ecossistemas marinhos brasileiros, onde há os maiores e mais contínuos recifes coralinos do Atlântico, a invasão da alga *Kappaphycus alvarezii* pode causar a morte de recifes de corais por sombreamento caso não seja realizado um manejo planejado.

Mudanças das comunidades de espécies e em processos ecossistêmicos

Os Relatórios Quarto e Quinto do Grupo II do IPCC (Parry e cols, 2007; Field e cols, 2014) ressaltam que as alterações anteriormente citadas (alterações na fenologia, distribuição, abundância, reprodução e promoção de extirpações e extinções) têm proporcionado a alteração da composição de espécies nos ecossistemas. O fenômeno ocorre devido ao importante papel das sobreposições temporal e espacial dos elementos do clima tanto sobre as espécies (as quais não respondem em sincronia a tais pressões externas) quanto sobre as interações bióticas, de

forma que os impactos não acontecem somente nos atores em si, mas também sobre as ligações dentro das redes ecológicas (Walther, 2010; Hoffmann e Sgro, 2011).

Alterações em níveis tróficos mais baixos, por exemplo, podem induzir efeitos bottom-up por meio de redes ecológicas e ainda induzirem processos de feedback. O mesmo é verdadeiro sobre as influências das alterações em níveis tróficos mais elevados, como por exemplo, a dependência de uma comunidade de plantas à presença ou ausência de herbívoros (Walther, 2010).

Segundo Walther (2010), o agravamento desses fatores relaciona-se à ausência de sincronia entre o tempo de adaptação de populações e do estabelecimento de relações ecológicas (diferenças de tempo de reação e de interações intra e interespecíficas, como cadeias alimentares, relações parasita-hospedeiro e/ou de relações de mutualismo) dentro de uma mesma comunidade. A ausência da sincronia pode contribuir com a promoção da incompatibilidade do calendário de condições ambientais favoráveis (como disponibilidade de alimentos, por exemplo) e ainda forçar a interação de espécies que costumavam estar espacialmente separadas. Como resultado, há a mudança de dominação dentro das comunidades existentes e a formação de comunidades não equivalentes onde espécies existentes co-ocorrem, mas em novas combinações.

Processos evolutivos das espécies

Conforme discutido anteriormente, mesmo que uma espécie em particular não esteja diretamente limitada por novos elementos climáticos, a alteração em outras delas é capaz de gerar consequências virtualmente adversas e aplicar pressões seletivas em toda a comunidade. Quando o nicho climático é alterado, a resposta inicial dos organismos consiste na alteração fenotípica², sem, necessariamente, modificações genéticas. No entanto, no caso da impossibilidade de dispersão natural ou de translocação antrópica de espécies, a adaptação genética ao clima pode representar a única maneira de sua persistência (Hoffmann, Sgro, 2011).

Serão estas espécies capazes de responder às novas condições do nicho climático impostas no século XXI? No estudo sobre os pólenes de árvores do Quaternário, Davis e Shaw (2001), mostram que a rápida mudança do clima impõe condições em que as adaptações fenotípica e genética são impraticáveis pelas plantas. Outro exemplo é mostrado no estudo de Quintero e Wiens (2013), onde é esperada uma evolução genética 10.000 ou mais vezes mais lenta que a demandada pela evolução da temperatura e precipitação até o ano 2100 em 540 espécies de vertebrados terrestres, incluindo grupos de mamíferos, aves, lagartos, cobras, tartarugas, crocodilos, salamandras e sapos. Embora isso não signifique necessariamente que haverá uma extinção generalizada de espécies de vertebrados, o estudo ressalta que a adaptação evolutiva in situ das populações às mudanças nas condições climáticas exigirá taxas de evolução

² Exemplos de plasticidade fenotípica (existência de respostas flexíveis para a adaptação das espécies) são a dispersão para locais mais adequados, a persistência in situ e a aclimação.

em grande parte inexecutáveis entre as espécies durante o período necessário, exibindo sua alta vulnerabilidade.

2. Posição do Brasil na gestão adaptativa e mitigatória da biodiversidade

A O sucesso das respostas dos organismos nos biomas brasileiros em função das mudanças climáticas (como as acima citadas) depende, além da exposição (frequência e magnitude) aos elementos climáticos; da sua sensibilidade (grau de sobrevivência, regeneração e desempenho); sua capacidade de adaptação (habilidade em lidar com a mudança) (Dawson e cols, 2011) e do domínio da configuração espacial do hábitat na paisagem, o qual não é homogêneo e muitas vezes representa restrições para as espécies (Gitay e cols, 2002).

A fragmentação do hábitat e a presença de barreiras de dispersão de origem antrópica, por exemplo, interferem no sucesso dos organismos devido à alteração de sua distribuição geográfica (Woodward e cols, 2010), à restrição do fluxo de genes e à redução da taxa de adaptação a um grau muito abaixo do exigido pelas alterações do clima (Opdam e Washer, 2004). Consequentemente, elas aumentam ainda mais a vulnerabilidade das espécies e as colocam a mercê da intervenção humana para auxiliar, ou ao menos, não dificultar o sucesso populacional.

Isto significa que reduzir a vulnerabilidade da biodiversidade brasileira a níveis mínimos frente às mudanças climáticas implica tanto na utilização de instrumentos de gestão que diminuam sua exposição; quanto nos que promovam, ou não atrapalhem, sua capacidade de adaptação. Considerando também que cada espécie, população, comunidade e ecossistema apresenta características particulares e intrínsecas (sensibilidade) para lidarem com tais fatores, o planejamento de ações deve apresentar diferentes graus de urgência, abrangência espacial e durabilidade.

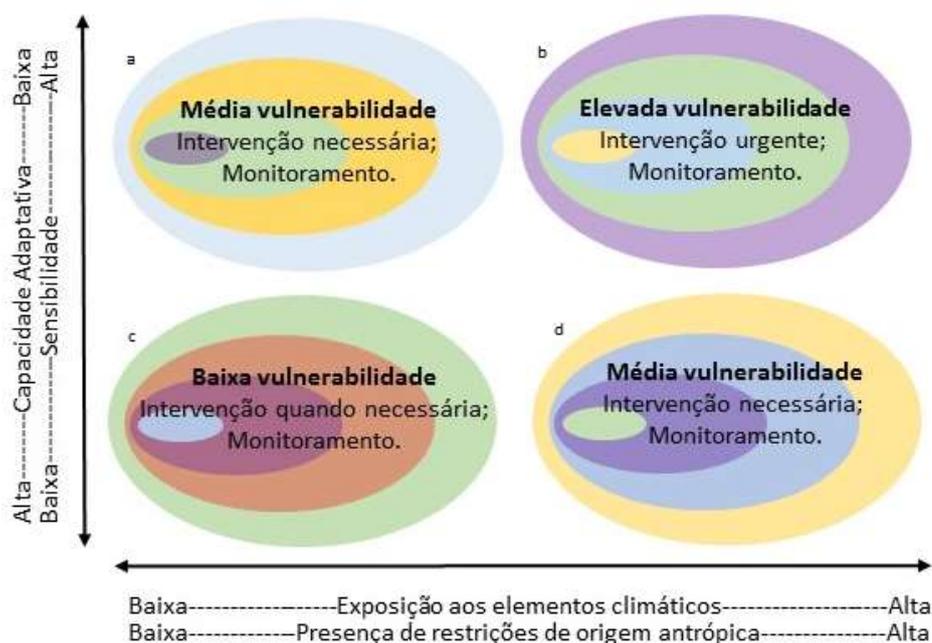
Como exemplo, nos cenários com elevada presença de vetores de pressão antrópicos e climáticos, onde a vulnerabilidade das espécies (e demais níveis de organização biológica) pode ser de média a elevada, são necessárias medidas de gestão com intervenções importantes a imediatas (Figura 1b,d). Por outro lado, ambientes onde há baixa exposição de tais vetores podem requerer medidas de intervenção importantes a convenientes (Figura 1a,c).

Nesta perspectiva, por exemplo, o bioma Mata Atlântica poderia ser alocado no grupo com elevada vulnerabilidade devido: a) ser um hotpot de biodiversidade, pelo contraste da riqueza biológica e elevada degradação histórica (Myers e cols, 2000); b) abrigar a maioria das grandes cidades brasileiras e cerca de 60% da população do país (Galindo-Leal, Camara, 2003); c) os 12% de seus remanescentes estão distribuídos em pequenos fragmentos florestais (RIBEIRO e cols, 2009); d) apresentar projeções de alterações climáticas de intenso aquecimento no final do século XXI (Souza, Manzi, 2014); e) incluir áreas protegidas com ecossistemas úmidos os quais, segundo Carpenter e cols (1992), expressam em primeiro lugar os efeitos da redução da precipitação, como o caso das lagoas naturais do Sítio Ramsar Parque Estadual do Rio Doce.

Elas constituem ilhas de diversidade e abrigam espécies de aves migratórias como o mergulhão *Podilymbus podiceps*, o biguá *Phalacrocorax brasilianus*, a asa branca *Dendrocygna autumnalis*, o jacaná *Jacana jacana*, e o martim pescador grande *Ceryle torquata*, entre outros (IEF, 2008).

Em todo caso, para abranger esta variedade e complexidade de vetores de pressão do cenário brasileiro, diferentes ferramentas de gestão são necessárias na intervenção.

Figura 1. Intensidade de intervenção das ferramentas de gestão em relação ao grau de vulnerabilidade das espécies, populações, comunidades e ecossistemas (círculos, do menor ao maior, respectivamente) em função da capacidade adaptativa, sensibilidade à exposição aos novos nichos climáticos e à presença de restrições antrópicas para sua adaptação.



Fonte: Baseado nos estudos de Dawson e cols (2011).

As ferramentas de gestão para a conservação da biodiversidade frente os impactos das mudanças climáticas constituem instrumentos de mitigação e adaptação cuja aplicação, no Brasil, tem sido norteada pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), pelo Protocolo de Kyoto, pela Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), e pela Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional (Convenção de Ramsar).

Ambos os conjuntos de medidas devem fazer parte da agenda dos países contratantes a ponto de serem capazes de estimular, nortear e respaldar legalmente ações locais, regionais, nacionais e internacionais. Compostas por instrumentos normativos e não normativos (como políticas, metas, diretrizes, planos, programas e projetos) com papéis específicos de comando e controle, geoespacialização, participação popular, comunicação, financiamento, monitoramento e avaliação; seu limite de aplicação individual pode ser expandido pela integração e complementaridade positiva das ações planejadas.

Os instrumentos de mitigação (ou atenuação) têm o objetivo de redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE) por meio, por exemplo, da diminuição do uso de combustíveis fósseis; da diminuição das emissões terrestres via conservação; e da elevação da taxa de sequestro de carbono pelos ecossistemas. No Brasil, eles são particularmente desenvolvidos nas escalas nacional e regional e são resultado do compromisso do país com a CQNUMC e com o Protocolo de Kyoto. Constituem ferramentas norteadoras para que o país alcance a meta de redução de 43% da emissão gases do efeito estufa (em relação a 2005) em 2030, acordada pela presidente Dilma Roussef na 21ª Conferência do Clima em 2015.

Constituem instrumentos brasileiros de mitigação das mudanças climáticas: o Plano Nacional sobre Mudanças do Clima (Decreto 6.236/2007); Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei 12.187/2009); Fundo Clima (Lei 12.114/2009); 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 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 o Plano de redução de emissões da Siderurgia. São também: o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas; a Rede Clima; o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas; os instrumentos internos de planejamento regional como o Zoneamento Ecológico-Econômico, os planos intermunicipais, microrregionais, metropolitanos e de aglomerações urbanas, e os planos setoriais municipais (Figura 2).

Além deles, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei n.09.985 de 2000) e o Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros (Portaria 365/2015) constituem importantes instrumentos complementares. O primeiro pode ser utilizado como ferramenta para designação de novas unidades de conservação, como forma de diminuir o avanço do desmatamento e, por conseguinte, reduzir a emissão de GEE. O segundo foi elaborado justamente para fiscalizar o avanço do desmatamento. Espera-se que o Plano Nacional de Adaptação (atualmente em elaboração) também oriente estratégias integradas de mitigação e adaptação à mudança do clima nos âmbitos local, regional e nacional, conforme prevê a Lei 12.187 de 12/2009.

Em relação aos instrumentos de adaptação, eles apresentam o intuito de aumentar a capacidade dos sistemas se ajustarem, garantirem um potencial de moderação de danos, e aproveitarem oportunidades e/ou de lidarem com as consequências das mudanças climáticas. São exemplos ações que facilitem a dispersão das espécies para locais mais adequados, favoreçam a persistência *in situ*, contribuam com a aclimatação e viabilizem a adaptação genética. Em outras palavras, constituem atividades que permitam a supressão da perda de hábitat; que garantam a conectividade dos ecossistemas; que reduzam a poluição das águas, solo e ar a níveis mínimos; que controlem a invasão de espécies e que cessem a superexploração dos recursos naturais.

No Brasil, várias são as ferramentas de planejamento com potencial para desenvolver tais ações, como as políticas resultantes do compromisso do país com a Convenção de Diversidade Biológica (CDB) (Prates e Irving, 2015); com a CQNUMC, tal qual o Plano Nacional de Adaptação (em elaboração); com a Convenção de Ramsar (Tozato, 2015); e demais políticas ambientais. Os instrumentos de planejamento interno Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), planos intermunicipais e planos de bacia hidrográfica, assim como os instrumentos locais (Figura 2), também constituem potenciais documentos norteadores de adaptação.

No quadro político instrumental brasileiro atual, tais instrumentos constituem as ferramentas setoriais de conservação e proteção dos recursos naturais, de redução de gases do efeito estufa e desastres naturais e de planejamento territorial regional e local (Figura 2).

No caso da proteção dos recursos naturais, destacam-se, por exemplo, as leis que possibilitam a conservação e a preservação das áreas protegidas, especialmente a Lei 9.985/2000, principal sistema nacional de proteção dos remanescentes dos biomas como unidades de conservação; a Lei 12.651/2012, que estabelece as normas gerais sobre a proteção da vegetação das áreas de preservação permanente rurais e urbanas e das áreas de reserva legal em todo o território brasileiro; e o Decreto 7.747/2012, que busca garantir e promover a proteção, a recuperação, a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais nos territórios indígenas.

Em relação à redução de GEE, destaca-se a Lei 12.187/2009, que utiliza instrumentos regulatórios, econômicos e informacionais para preservar, conservar e recuperar os recursos ambientais dos impactos atuais e esperados das mudanças climáticas.

Finalmente, em relação aos atuais instrumentos de planejamento regionais e locais, destacam-se o Zoneamento Ecológico Econômico, os Planos Diretores Municipais e os Planos de Manejo das unidades de conservação (entre outros), os quais constituem ferramentas de formulação de outras políticas públicas nas escalas regional e local para orientar a atuação do poder público e da comunidade no ordenamento territorial atual e futuro.

No entanto, vários estudos têm mostrado o descompasso interno existente na implementação do quadro político instrumental brasileiro atual apresentado na Figura 2, seja pela diferença de recursos financeiros e humanos designada para cada pasta de atuação, pela fragilidade e controvérsias dos textos legais, ou pelas divergências de ideais dos gestores e governantes em cada um dos setores (Tozato, 2015; Mello-Théry e cols, 2013; Mello, 2011; Mello 2006).

Segundo as convenções internacionais CQNUMC, CDB e Ramsar, uma forma de superar tais desafios e de estabelecer práticas efetivas de mitigação e adaptação, é reformular e integrar as ferramentas vigentes e/ou implantar novas (Tozato, 2015).

Apenas a título de contextualização, na França, o eixo Grenelle do Meio Ambiente I e II (Lei 2009-967/2009 de 03/08/2009 e Lei 2010-788 de 12/07/2010, respectivamente) de integração entre políticas e instituições executoras, tem consumado o quadro político estratégico nacional de adaptação e de mitigação na escala local (Tozato, 2015). Resultado das

discussões da Conferência Francesa do Meio Ambiente, realizada em 2007 e que aproximou organismos da sociedade civil, empregadores e sindicatos para fixar objetivos concretos de desenvolvimento sustentável e definir ações consensuais a serem realizadas no país, o Eixo Grenelle integra políticas agrárias, energéticas e de conservação dos recursos naturais, e tem possibilitado respostas efetivas e eficazes para a conservação da biodiversidade, tendo em vista seu papel ecológico, econômico e social (Tozato, 2015).

No caso brasileiro, um eixo integrador (Figura 2, eixo violeta) com força jurídica e social poderia associar textualmente cada política setorial dentro de seus respectivos setores e escalas de gestão; e destes com as políticas de desenvolvimento econômico e social, respeitando o limite de cada um deles (Figura 2).

A Política Nacional de Mudança do Clima (PNMC, Lei 12.187/2009), que propõe a gestão integrada em seu texto e que estabelece os princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos das outras políticas públicas e programas governamentais devem compatibilizar-se com os seus, poderia ser integrada às demais políticas setoriais e aos instrumentos internos de planejamento, principalmente com a Lei 9.985/2000, com a Lei 12.651/2012, com o Decreto 7.747/2012, com o Plano Nacional de Adaptação (em elaboração), com o ZEE, com os Planos Diretores Municipais e Planos de Manejo. Tal integração, se concretizada, seria efetivamente capaz de estimular, nortear e respaldar legalmente as ações locais com efeitos de mitigação e adaptação.

Sugestões semelhantes de integração das políticas públicas brasileiras foram também indicadas pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), para que o país consiga alcançar a meta de redução de emissões proposta pelo Observatório do Clima³ (Azevedo, 2015); por Tozato (2015), para fortalecer a proteção da biodiversidade das áreas úmidas brasileiras frente os impactos das mudanças climáticas; e por Prates e Irving (2015), para reforçar o quadro político nacional de proteção dos remanescentes dos biomas.

Da mesma forma, a atuação conjunta do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas, do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas e da Rede Clima com as instituições de gestão da biodiversidade brasileira, como a Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e com as Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente é fundamental para diminuir a vulnerabilidade da diversidade biológica do país às alterações climáticas observadas e previstas.

Além disso, a integração desses instrumentos seria fundamental para a promoção de estudos sobre os impactos das mudanças climáticas na biodiversidade dos biomas brasileiros (como investigações sobre alterações na fenologia, na distribuição, na abundância, na morfologia e na reprodução das espécies; sobre alterações nas comunidades e em processos ecossistêmicos; sobre modificações nos processos evolutivos das espécies; e extinções e invasões). Ações de

³ Indicada pelo Observatório do Clima, a redução de emissões apresenta um limite de 1.000 Mt CO₂e para 2030 de e de 500 Mt CO₂e, para 2050, o que representaria emissões líquidas próximas de zero.

manejo da biodiversidade poderiam ser empregadas juntamente com ações de educação ambiental e de implementação de planos locais de mitigação e adaptação.

A elaboração de uma estratégia de mobilização de recursos financeiros poderia facilitar a gestão local, tal como o trabalho conjunto das unidades de conservação com as secretarias estaduais e municipais de planejamento e gestão territorial (incluindo secretarias que tratam de setores-chave como água, energia, mineração, agricultura, turismo, desenvolvimento urbano, infraestrutura, indústria, silvicultura, aquicultura e pesca).

No entanto, a complexidade do tema e sua modesta presença na agenda governamental atual tem engessado a evolução do processo como um todo rumo a soluções concretas no Brasil (Mello-Théry e cols, 2013). O país megadiverso da América do Sul, detentor de 70% da biodiversidade mundial (Mittermeier e cols., 1997); de 20% dos recursos hídricos globais (Freitas, 2003); e com um dos maiores territórios mundiais de estoques naturais de carbono (Gibbs et al., 2007), ainda apresenta problemas judiciais básicos a serem resolvidos, como a questão da regularização fundiária de suas unidades de conservação, a qual fragiliza e questiona, por exemplo, a aplicação da Lei 9.985/2000, principal sistema nacional de proteção dos recursos naturais (Mello-Théry, 2011). Quando e como estará o Brasil disposto a propor e executar uma reforma político-instrumental para proteger seus ecossistemas?

Figura 2. Principais ferramentas de gestão com potencial para conservar da biodiversidade brasileira por meio de ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Violeta=eixo integrador com eficácia jurídica e social.



Fonte: Elaboração própria.

Conclusões

A análise realizada no presente trabalho evidenciou os mecanismos de pressão e respostas da biodiversidade às mudanças climáticas e reuniu os estudos que tratam sobre essas perturbações nos biomas do país. São exemplos as respostas biológicas na Mata Atlântica, Amazônia, Pantanal, Cerrado e Ambientes Marinhos. A interferência acontece nas diferentes escalas de organização biológica e localização espacial devido: i) quase a totalidade dos aspectos da vida dos organismos ser associada ao nicho climático; e ii) os elementos do clima constituírem fatores funcionalmente significativos nas relações ecológicas. Tais evidências somadas à conjuntura brasileira de intensificação de perda de hábitat sinaliza a urgência nas ações efetivas de mitigação e de adaptação.

Dentro do atual quadro político-instrumental, várias são as ferramentas de gestão que podem auxiliar as ações de adaptação e mitigação. No entanto, para que os resultados sejam efetivos no âmbito de minimizar a vulnerabilidade da biodiversidade brasileira aos impactos das mudanças climáticas é necessário que elas apresentem uma integração e complementaridade positiva de ações a ponto de cada uma facilitar ou não atrapalhar a efetividade das outras, dentro de seu limite de atuação.

A formulação e implementação de um eixo integrador com força jurídica e social, por exemplo, poderia associar textualmente cada política setorial brasileira dentro de seus respectivos campos de atuação de conservação e proteção dos recursos naturais, de redução de gases do efeito estufa e de planejamento interno. O desafio é estabelecer uma gestão ambiental nas esferas nacional, regional, estadual e local que incorpore questões desenvolvimentistas, sociais e ambientais de forma inclusiva e complementar, afinal, a preservação dos ecossistemas é tão importante para a prosperidade econômica quanto para o desenvolvimento social de uma nação. Desenvolver e destrinchar detalhadamente as questões sobre quais as necessidades de cada um dos setores; quais suas equivalências; quais as urgências e prioridades; e ainda como e em que momento do planejamento cada um dos atuais instrumentos de gestão dificulta, beneficia ou é inerte em relação aos outros constituem o ponto de partida para este processo no Brasil

Referências bibliográficas

-
- Aragón, Pedro e cols. (2010). The contribution of contemporary climate to ectothermic and endothermic vertebrate distributions in a glacial refuge. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 40–49.
- Attias, Nina e cols. (2013). Acácias Australianas no Brasil: Histórico, Formas de Uso e Potencial de Invasão. *Biodiversidade Brasileira*, 2, 50-73.
- Azevedo, Tasso R. (2015). Análise das emissões de GEE no Brasil (1970-2013) e suas implicações para políticas públicas. Documento síntese do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 52p.
- Bell, Johann D. e cols. (2011). Vulnerability of tropical pacific fisheries and aquaculture to climate change. SPC FAME Digital Library.
- Breshears, David D. e cols. (2008) Vegetation synchronously leans upslope as climate warms. *Proceedings of the National Academy of Science*, 105 (33), 11591-11592.
- Butler, Christopher J. (2003). The disproportionate effect of global warming on the arrival dates of short-distance migratory birds in North America. *Ibis*, 145, 484–495.
-

- Castelar, Beatriz e cols. (2015). Risk analysis using species distribution modelling to support public policies for the alien algae *Kappaphycus alvarezii* aquaculture in Brazil. *Aquaculture*, 446, 217-226.
- Cleland, Elsa E. e cols. (2007). Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology & Evolution*, 22, 357-365.
- Colombo, Alexandre F. & Joly, Carlos (2010). Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. *Braz J Biol*, 70 (3), 697-708.
- Cotton, Peter A. (2003). Avian migration phenology and global climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100, 12219-12222.
- Crick, Humphrey Q.P. e cols. (1997). UK birds are laying eggs earlier. *Nature*, 388 (6642), 526-526.
- Dawson, Terence P. e cols. (2011). Beyond Predictions: Biodiversity Conservation in a Changing Climate. *Science*, 332, 53-58.
- Davis, Margaret B., & Shaw, Ruth G. (2001). Range Shifts and Adaptive Responses to Quaternary Climate Change. *Science*, 292, 673-679.
- Debortoli, Nathan e cols. (2012). Tendances et ruptures des séries pluviométriques dans la région méridionale de l'Amazonie brésilienne. *Actes du 25e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, 201-206.
- Diniz-Filho, José A. F. (2009). Biogeografia da conservação e mudanças climáticas no cerrado brasileiro. *Natureza e Conservação*, 7 (2), 8-18.
- Dubreuil, Vincent e cols. (2012). Impact of land-cover change in the Southern Amazonia climate: a case study for the region of Alta Floresta, Mato Grosso, Brazil. *Environmental monitoring and assessment*. 184 (2), 877-891.
- Fava, Wellington S. (2010). *Attalea phalerata* e *Bactris glaucescens* (Arecaceae, Arecoideae): fenologia e ecologia da polinização no Pantanal, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 45p.
- Field, Christopher B. e cols. (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*. New York: Cambridge University Press, 1132 p.
- Freitas, Mav. (2003). *Estado das águas no Brasil, 2001-2002*. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 494p.
- Galindo-Leal, Carlos., & Câmara, Ibsen G. (2003). Atlantic Forest hotspot status: an overview. In: Galindo-Leal, Carlos & Câmara, Ibsen G. (Ed). *The Atlantic forest of South America*. Washington: Island Press, 3-11.
- Gibbs, Holly e cols. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2, 1-13.
- Gitay, Habiba e cols. (2002). Ecosystems and their goods and services. In: McCarthy, James J. e cols. *Climate Change 2001 - impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the Third assessment report of the intergovernmental panel of climate change (IPCC)*, Cambridge: Cambridge University Press, 235-342.
- Gomes, Francisco J. D. e cols. (2012). The Relationship between Meteorological Variables and Clearness Index for Four Urban/Suburban Areas of Brazilian Cities. *Journal of Environmental Science and Engineering*. 890-900.
- Gordo, Oscar e cols. (2005). Do changes in climate patterns in wintering areas affect the timing of the spring arrival of trans-Saharan migrant birds? *Global Change Biology*, 11, 12-21.
- Grandis, Adriana e cols. (2010). Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas às mudanças climáticas globais. *Revista Brasil. Bot.*, 33 (1), 1-12.
- Heino, Jani e cols. (2009). Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions. *Biological Reviews*, 84, 39-54.

- Hoffmann, Ary A., & Sgro, Carla M. (2011). Climate change and evolutionary adaptation. *Nature*, 470, 479-485.
- Instituto Estadual de Florestas. (IEF). (2008). Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce.
- Johnston, Ian A., & Bennet, Albert F. (1996). *Animals and temperature – phenotypic and evolutionary adaptation*. Cambridge University Press: Cambridge, 419p.
- Jones, Tim., & Cresswell, Will. (2010). The phenology mismatch hypothesis: are declines of migrant birds linked to uneven global climate change? *Journal of Animal Ecology*, 79, 98–108.
- Jonzen, Niclas e cols. (2007). Climate change and the optimal arrival of migratory birds. *Proceedings of the Royal Society of London*, 274, 269–274.
- Jonzen, Niclas e cols. (2006). Rapid advance of spring arrival dates in long distance migratory birds. *Science*, 312, 1959–1961.
- Kullman, Leif. (2001). 20th century climate warming and tree-limit rise in the southern Scandes of Sweden. *Ambio*, 30(2), 72-80.
- Lemes, Priscila e cols. (2014). Climate change threatens protected areas of the Atlantic Forest. *Biodivers Conserv*, 23, 357–368.
- Lips, Karen R. e cols. (2008). Riding the wave: reconciling the roles of disease and climate change in amphibian declines. *PLoS biology*, 6(3), 441-454.
- Loyola, Rafael D. e cols. (2014). Clade-specific consequences of climate change to amphibians in Atlantic Forest protected areas. *Ecography*, 37, 65–72.
- Mattos, Patrícia P. (1999). Identificação de anéis anuais de crescimento e estimativa de idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativas do Pantanal da Nhecolândia, MS. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná, 128p.
- Mello, Neli A. (2006). *Políticas territoriais na Amazônia*. São Paulo: Annablume, 410p.
- Mello-Théry, Neli A. (2011). *Território e gestão ambiental na Amazônia. Terras públicas e os dilemas do Estado*. Sao Paulo: Annablume, 198p.
- Mello-Théry, Neli A. e cols. (2013). Controvérsias ambientais frente à complexidade das mudanças climáticas. *Mercator*, 12(29), 155-170.
- Mendonça, Francisco. (2006). Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região sul do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 2, 71–86.
- Minns, Charles K., & Moore, James E. (1995). Factors limiting the distributions of Ontario's freshwater fishes: the role of climate and other variables, and the potential impacts of climate change. In: Beamish, R.J. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 137-160.
- Mittermeier, Russel e cols. (2005). *Megadiversity: Earth's Biologically Wealthiest Nations*. Conservation International, Cemex, 502p.
- Muir, John (1992). Climate, terrestrial life and aquatic life. In: MILLER, Tyler. *Living in the environment: an introduction to environmental science*. Belmont: Wadsworth publishing, 114-144.
- Murphy-Klassen, Heather M. e cols. (2005). Long-term trends in spring arrival dates of migrant birds at Delta Marsh, Manitoba, in relation to climate change. *Auk*. 122, 1130–1148.
- Myers, Norman e cols. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.
- Minayo, Maria C. (2011). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis: Vozes.
- Minayo, Maria C. (2002). *Pesquisa social: teoria e método*. Petrópolis: Vozes.
- Odum, Eugene e cols. (1971). *Fundamentals of ecology*, v.3 Philadelphia: Saunders.
- Oliver, Tom H. & Morecroft, Mike D. (2014). Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities. *WIREs Clim Change*, 5, 317–335.
- Opdam, Paul & Washer, Dirk (2004). Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. *Biological Conservation*, 117, 285–297.

- Parmesan, Camille (2007). Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology*, 13, 1860–1872.
- Parry, Martin L. e cols. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pearman, Peter B. e cols. (2007). Niche dynamics in space and time. *Trends in ecology and evolution*, 23, 149-158.
- Phillips, Oliver L. e cols. (2004). Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976-2001. *Philos. T. Roy. Soc. Lond. B*, 359, 381-407.
- Prates, Ana P. L., & Irving, Marta A. (2015). Conservação da biodiversidade e políticas públicas para as áreas protegidas no Brasil: desafios e tendências da origem da CDB às metas de Aichi. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, 5 (1), 27-57.
- Prisco, José T., & Filho, Eneas G. (2010). Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. INCTSal: Fortaleza, 147-164.
- Quintero, Ignacio., & Wiens, John J. (2013). Rates of projected climate change dramatically exceed past rates of climatic niche evolution among vertebrate species. *Ecology Letters*, 16(12), 1095-1103.
- Ribeiro, Milton C e cols. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142, 1141-1153.
- Sanz-Elorza, Mario e cols. (2003). Changes in the High-mountain Vegetation of the Central Iberian Peninsula as a Probable Sign of Global Warming. *Annals of Botany*, 92, 273-280.
- Saxe, Henrik e cols. (2001). Tree and forest functioning in response to global warming. *New Phytologist*, 149, 369–400.
- Schmidt-Nielsen, Knut. (1997a). Part three – temperature. In: SCHMIDT-NIELSEN, K. *Animal physiology: adaptation and environment*, 5ed, 169-300.
- Schmidt-Nielsen, Knut. (1997b). Part four – water. In: SCHMIDT-NIELSEN, K. *Animal physiology: adaptation and environment*, 5ed, 301-394.
- Solomon, Susan e cols. (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, 2007*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Solonen, Tapio. (2008). Large-scale climatic phenomena and timing of breeding in a local population of the Osprey *Pandion haliaetus* in southern Finland. *J Ornithol*, 149, 229–235.
- Souza, Everaldo B., & Manzi, Antônio O. (2014). Mudanças ambientais de curto e longo prazo: projeções, reversibilidade e atribuição. In: Ambrizzi, Tércio & Araujo, Moacir. *Base científica das mudanças climáticas*. Rio de Janeiro: PBMC. 320-346.
- Souza-Filho, Francisco A. e cols. (2015). Recursos Naturais, Manejo e Ecossistemas. In: *I Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, Volume 2 - Impactos, vulnerabilidades e adaptação do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas*, 155p.
- Stocker, Thomas F. e cols. (2013). *Climate Change 2013 The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Tozato, Heloisa C. (2015). Impactos das mudanças climáticas na biodiversidade das zonas úmidas: uma análise sobre políticas públicas e gestão no Brasil e da França. Tese em cotutela (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, Doctorat en Géographie, Université de Rennes 2, Rennes (França), 409p.
- Tozato, Heloisa C. e cols. (2013). Tendências e Rupturas Climato-Hidrológicas no Sítio Ramsar Parna Pantanal (MT, Brasil). *Revista Brasileira de Climatologia*, 13, 164-184.
- Tryjanowski, Piotr e cols. (2002). Earlier arrival of some farmland migrants in Western Poland. *Ibis*, 144, 62–68.

- Varrin, Regina e cols. (2007). The Known and Potential Effects of Climate Change on Biodiversity in Ontario's Terrestrial Ecosystems: Case Studies and Recommendations for Adaptation. Climate Change Research Report CCRR-09. Ontario, 58p.
- Visser, Marcel E. e cols. (2006). Shifts in caterpillar biomass phenology due to climate change and its impact on the breeding biology of an insectivorous bird. *Oecologia*, 147, 164–172.
- Walther, Gian-Reto. (2010). Community and ecosystem responses to recent climate change. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 365, 2019–2024.
- Weygoldt, Peter. (1989). Changes in the composition of mountain stream frog communities in the Atlantic mountains of Brazil: frogs as indicators of environmental deteriorations? *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 243(4), 249-255.
- Wilson, Robert J. e cols. (2004). Spatial patterns in species distributions reveal biodiversity change. *Nature*, 432, 393-396.
- Winkel, Wolfgang., & Hudde, Hans. (1997). Long-term trends in reproductive traits of tits (*Parus major*, *P. ceruleus*) and pied flycatchers *Ficedula hypoleuca*. *Journal of Avian Biology*. 28, 187–190.
- Woodward, Guy e cols. (2010). Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1549), 2093-2106.
- Zhao, Shuqing e cols. (2006). The relationships between terrestrial vertebrate species richness in China's nature reserves and environmental variables. *Canadian Journal of Zoology*, 84(9), 1368-1374.

Recebido em 12/09/2015

Aceito 09/12/2015