



Rede **Clima**

Mudanças Climáticas
Globais no Brasil

**Impactos das mudanças
climáticas no Brasil**

e caminhos para a
sustentabilidade



Sumário

Sobre a Rede Clima	7
Rede Clima alerta para impactos das mudanças climáticas no Brasil e propõe caminhos para a sustentabilidade	8
Segurança Alimentar	9
Segurança Hídrica	11
Segurança Energética	12
Eventos extremos, urbanização e desenvolvimento regional	14
Saúde	16
Biodiversidade e Ecossistemas	19
Oceanos e Zonas Costeiras	23

I34i

Impactos das mudanças climáticas no Brasil e caminhos para a sustentabilidade / Moacyr Araujo, Jean Ometto e Ana Paula Soares (orgs.) - - São José dos Campos, SP: Rede Clima, 2019

1. Clima 2. Mudanças climáticas 3. Redes de pesquisa 4. Brasil
I. Araujo, Moacyr. II. Ometto, Jean . III. Soares, Ana Paula. IV. Título

CDD: 551.5



Impactos das mudanças climáticas no Brasil e caminhos para a sustentabilidade

Posição da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais – Rede Clima

Maio de 2019



IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL E CAMINHOS PARA A SUSTENTABILIDADE

Posição da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais – Rede Clima

Coordenador: Moacyr Araujo (UFPE) – moa.ufpe@gmail.com
Vice-coordenador: Jean Ometto (INPE) – jean.ometto@inpe.br

Sub-redes temáticas Agricultura

Coordenadores: Stoécio Malta Ferreira Maia (IFAL) e Renato Rodrigues (Embrapa)

Biodiversidade e Ecossistemas

Coordenadores: Mariana Vale (UFRJ) e Paulo Santos (UFPE)

Cidades e Urbanização

Coordenadores: Alisson Barbieri (UFMG) e Gilvan Guedes (UFMG)

Divulgação Científica

Coordenadoras: Susana Dias (Unicamp) e Carolina Cantarino Rodrigues (Unicamp)

Desastres Naturais

Coordenadoras: Regina Rodrigues (UFSC) e Regina Alvalá (Cemaden)

Desenvolvimento Regional

Coordenadores: Marcel Bursztyn (UnB) e Saulo Rodrigues Filho (UnB)

Economia

Coordenadores: Eduardo Haddad (USP) e Edson Paulo Domingues (UFMG)

Energias Renováveis

Coordenadores: Luiz Pinguelli Rosa (UFRJ) e Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas (UFRJ)

Modelagem Climática

Coordenadores: Gilvan Sampaio de Oliveira (INPE) e Silvio Nilo Figueroa (INPE)

Oceanos

Coordenadores: Moacyr Cunha de Araújo Filho (UFPE) e Letícia Cotrim da Cunha (UERJ)



Políticas Públicas

Coordenadores: Gustavo Luedemann (IPEA) e Karen Cope (Ministério da Economia)

Recursos Hídricos

Coordenadores: Alfredo Ribeiro Neto (UFPE) e Carlos Galvão (UFCG)

Saúde

Coordenadores: Christovam Barcellos (Fiocruz) e Sandra Hacon (Fiocruz)

Serviços Ambientais dos Ecossistemas

Coordenadores: Philip Fearnside (INPA) e Fábio Rubio Scarano (UFRJ)

Usos da Terra

Coordenadores: Mercedes Bustamante (UnB) e Rômulo Menezes (UFPE)

Zonas Costeiras

Coordenadores: Margareth Copertino (FURG) e Alexander Turra (USP)

redeclima.ccst.inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Av. dos Astronautas, 1758 – Jd. Da Granja

12227-010, São José dos Campos, SP, Brasil

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

Estrada Doutor Altino Bondesan, 500 - Eugênio de Melo

12247-016, São José dos Campos, SP, Brasil



Sobre a Rede Clima

A Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais – Rede Clima constitui-se em um importante pilar de apoio às atividades de Pesquisa e Desenvolvimento do Plano Nacional de Mudanças Climáticas para atender às necessidades nacionais de conhecimento sobre mudanças do clima, incluindo a produção de informações para formulação de políticas públicas.

A Rede Clima atua para atender às necessidades nacionais de conhecimento científico sobre as “Mudanças Climáticas Globais” e para dar apoio à diplomacia brasileira nas negociações internacionais sobre o tema.

A Rede Clima também elabora análises sobre o estado do conhecimento das mudanças climáticas no Brasil, nos moldes dos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), porém com abordagens setoriais mais específicas para subsidiar a formulação de políticas públicas nacionais e internacionais.

Seu foco científico cobre questões relevantes das mudanças climáticas, tais como:

- A base científica das mudanças climáticas: detecção e atribuição de causas; entendimento da variabilidade natural versus mudanças climáticas de origem antrópica; ciclo hidrológico e ciclos biogeoquímicos globais e aerossóis; capacidade de modelagem do sistema climático;
- Estudos de impactos, adaptação e vulnerabilidade para sistemas e setores relevantes, tais como: agricultura e silvicultura, recursos hídricos, biodiversidade e ecossistemas, zonas costeiras, cidades, economia, energias renováveis e saúde;
- Desenvolvimento de conhecimento e tecnologias para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

A Rede Clima tem abrangência nacional, envolvendo dezenas de grupos de pesquisa em universidades e institutos. Estas estão distribuídas nas diversas regiões do país, o que provê capilaridade para a Rede, assim como potencializa a transferência e difusão das informações geradas.



Rede Clima alerta para impactos das mudanças climáticas no Brasil e propõe caminhos para a sustentabilidade

O trabalho realizado ao longo de mais de uma década pela Rede Clima tem trazido contribuições significativas às atividades de pesquisa e desenvolvimento do Plano Nacional de Mudanças Climáticas. Na qualidade de instrumento institucional para a implementação da Política Nacional de Mudança do Clima, a rede constitui-se em um ativo imprescindível de massa crítica na elaboração de políticas públicas que visem tanto atuar no mapeamento e mitigação das emissões de gases do efeito estufa, quanto ajudar os estados e municípios a desenvolverem as ações necessárias para a adaptação à situação onde a intensificação das variações do clima é uma realidade.

As ações do governo federal são vitais para promover e implementar estratégias de adaptação às mudanças do clima em diversas escalas, nos diversos setores e segmentos da sociedade, em especial aqueles mais vulneráveis aos eventos extremos. O fomento contínuo da pesquisa científica sobre impactos da mudança do clima, possibilidades de adaptação, mapeamento de vulnerabilidades e monitoramento climático não pode ser arcado somente pelos governos locais onde ocorrem os eventos climáticos, tendo a instância federal papel de liderança nessa ação.

Na área econômica, o governo, como regulador, tem papel fundamental no desenho do ambiente de negócios em que operam as empresas e não pode se omitir da função de sinalizar ao mercado que as alterações climáticas têm um preço, hoje arcado por toda população, mas que já vem sendo internalizado na economia mundial, como prevê a maioria dos analistas. A questão não se resume em participar ou não do Acordo de Paris. O custo das emissões de gases do efeito estufa, motor das mudanças climáticas globais, terá que ser arcado pelos atores centrais nesse processo, seja em âmbito de acordo internacional, seja por força de mercado, dado que países com as economias mais pujantes ou já regulam ou sinalizam que irão regular as emissões em seu território. Não regular os processos centrais às alterações climáticas, dentre os quais as emissões de gases do efeito estufa, significará perda de mercados para os produtos brasileiros e sanções no futuro. No fundo, essa ausência de regulação expressa a inabilidade do país em lidar com questões centrais ao seu desenvolvimento de forma integrada, transversal e sustentável.



Como pano de fundo, o Anuário Climático que acaba de ser divulgado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), traz informações centrais a essa discussão. O trabalho mostra que a temperatura em 2018 ficou acima da média de 1981 a 2010, denominada Normal Climatológica (NC), tanto na temperatura média anual (0,7°C), quanto na temperatura máxima anual (0,5°C) e na temperatura mínima anual (0,7°C). Os números corroboram os dados apresentados na Declaração da Organização Mundial de Meteorologia (OMM), divulgada recentemente, destacando as temperaturas terrestres que se mantiveram excepcionalmente altas nos últimos quatro anos, com tendência de continuidade.

O texto a seguir pretende fornecer um panorama atual das mudanças climáticas no Brasil e seus impactos nos diversos setores socioeconômicos. O documento foi elaborado pela coordenação da Rede Clima a partir das contribuições de coordenadores das sub-redes temáticas e de pesquisadores vinculados ao projeto, que procuraram responder às seguintes perguntas: Qual a situação atual e os impactos já observados? Quais as possíveis trajetórias para o desenvolvimento sustentável?

Segurança Alimentar

Cenário atual e impactos

O atual aumento na variabilidade da temperatura do ar, com picos de extremos de temperatura máxima e aumento das temperaturas mínimas, torna a agropecuária brasileira bastante vulnerável. Paralelamente, em várias regiões produtoras do país, principalmente no centro-oeste, sudeste e sul, as oscilações mais frequentes das chuvas têm alterado a oferta de água para as culturas, promovendo, em muitos casos, redução da produtividade agrícola.

As mudanças observadas nos últimos 30 anos trazem impactos importantes na economia agrícola brasileira. A maior frequência de ocorrência de temperaturas máximas diárias tem provocado o abortamento de flores no café, laranja e feijão. O aumento das temperaturas mínimas na região sul tem promovido alteração na quebra de dormência dos frutos temperados, alterando seu ciclo e conseqüentemente sua produção. A rentabilidade diminui por conta do uso de indutores de quebra de dormência, que têm alto custo na produção dos frutos.

Desde 2007 são feitos prognósticos sobre as possíveis perdas na produção resultantes do aumento do risco climático nas regiões produtoras de grãos.



Esses prognósticos se confirmaram em 2011, 2014, 2018 e 2019. As perdas estimadas para 2019/2020 eram de 4,3 bilhões de reais na soja. Infelizmente no ano de 2019, essas perdas chegarão a 17 bilhões de reais, ou 11% da produção nacional de soja. Os números registrados no ano de 2019 anteciparam em 20 anos o cenário mais pessimista de perda de produção de soja no Brasil.

Em outro exemplo, as perdas na produção de laranja em 2018 também foram significativas, totalizando mais de 20 milhões de caixas, o que causou grande impacto no maior produtor de suco de laranja do mundo. Também na safrinha de milho de 2018, o estado do Mato Grosso perdeu 50% da produção por causa de intensidade de veranicos. Desde 1988 que os impactos das mudanças do clima na agricultura vêm sendo estudados. O que se observa é que os eventos extremos, como ondas de calor, ondas de frio, chuvas e veranicos intensos vêm aumentando a cada ano, com impactos econômicos de larga escala.

Caminhos para a sustentabilidade

Várias soluções para mitigar as emissões de gases de efeito estufa, os impactos causados pela variabilidade climática na agricultura e soluções de adaptação às mudanças do clima, em várias escalas, vêm sendo estudados no âmbito da Rede Clima. As práticas de integração de sistemas de produção têm se mostrado uma importante opção para sustentabilidade da produção agrícola.

Os mesmos sistemas integrados têm promovido a redução dos impactos na produção pecuária, com o sistema integrado pecuária-floresta indicando ganhos de produção e melhoria na ambiência animal. O melhoramento genético animal e vegetal tem sido estudado para apresentar soluções de adaptação das raças e cultivares utilizados na agropecuária. Cultivares de soja tolerantes a altas temperaturas e deficiência hídrica e raças bovinas tolerantes a altas temperaturas estão disponíveis no mercado. Os estudos de vulnerabilidade climática, mitigação de emissão de gases de efeito estufa e adaptação na agricultura devem continuar e são imprescindíveis para que possamos manter o reconhecimento de potência agrícola mundial.



Segurança Hídrica

Cenário atual e impactos

Apesar de possuir 14% da água doce do planeta, o Brasil apresenta uma má distribuição espacial do recurso: um habitante do Amazonas conta com aproximadamente 1.917.000 litros de água por dia contra 760 litros, potencialmente disponíveis, para um habitante da Região Metropolitana de São Paulo. A intensa urbanização tem agravado o problema de disponibilidade e distribuição, ao mesmo tempo em que se deteriora a qualidade da água devido à falta de tratamento de esgoto e efluentes industriais, e também ao uso intensivo de agrotóxicos. O país é extremamente dependente dos recursos hídricos. Aproximadamente 90% da matriz energética brasileira provém da hidroeletricidade, com previsão de expandir a sua capacidade de geração. 50% da água consumida destinam-se à produção de grãos e carne, sendo a maior parte dela vendida para fora do Brasil. Fica claro, portanto, que a economia do país é vulnerável ao provável impacto que as mudanças climáticas possam ter sobre os recursos hídricos.

Diversos estudos têm sido conduzidos com a finalidade de avaliar os efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos, em especial sobre a precipitação e a vazão dos rios. Estas análises têm mostrado que as reservas mundiais de água experimentam variações em grande escala, com tendência global para um aumento nas demandas e diminuição da capacidade de atendimento. No Brasil, previsões feitas a partir dos resultados das modelagens globais sintetizadas pelo IPCC AR4 confirmam que as regiões mais vulneráveis no Brasil são o Nordeste, o Sul e o Sudeste.

Na última década, o Brasil vem enfrentando eventos extremos de escassez e excesso de chuvas. A região semiárida do Brasil, desde 2012, sofre com escassez de chuvas, com grandes impactos nas reservas hídricas para o abastecimento de água e geração de energia, bem como impactos negativos na produção agropecuária. As reservas hídricas dos açudes para abastecimento público e dessedentação animal entraram em colapso, registrando os menores valores de suas séries históricas, principalmente para os estados do Ceará, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. A região Sudeste, desde o verão de 2014, vem igualmente enfrentando chuvas abaixo da média histórica, e conseqüentemente uma redução nas vazões dos seus rios, nas recargas dos aquíferos e, portanto, nos níveis de armazenamento nos reservatórios da região. Este déficit de armazenamento, somado a uma série de desafios na gestão dos recursos hídricos, resultou em uma grave crise hídrica com sérios impactos no abastecimento público de água, na geração de energia hidrelétrica, na irrigação, entre outros.



Na região Norte, o rio Madeira, afluente do rio Amazonas, sofreu em 2014 a maior cheia da série de medidas históricas que se tem disponível, apresentando níveis muito acima dos máximos já observados, deixando o município de Porto Velho em estado de calamidade, e outros em estados de alerta e atenção no estado de Rondônia. Também as estradas da região foram afetadas, isolando municípios e comunidades. As regiões Sul e Sudeste também têm enfrentado eventos de chuvas extremas, provocando inundações, enxurradas e deslizamentos de terra (p.e.; 2008, 2011, 2019).

Caminhos para a sustentabilidade

Segundo a Declaração Ministerial do 2º Fórum Mundial da Água em 2000, a segurança hídrica “significa garantir que ecossistemas de água doce, costeira e outros relacionados sejam protegidos e melhorados; que o desenvolvimento sustentável e a estabilidade política sejam promovidos; que cada pessoa tenha acesso à água potável suficiente a um custo acessível para levar uma vida saudável e produtiva, e que a população vulnerável seja protegida contra os riscos relacionados à água”. A comunidade científica e os tomadores de decisão devem trazer, de maneira conjunta, soluções integradas para resolver os problemas hídricos atuais e futuros, incluindo o estabelecimento de medidas de adaptação de maneira antecipada para evitar ou minimizar consequências catastróficas resultantes das mudanças do clima, visando ao aumento da segurança hídrica no país.

Segurança Energética

Cenário atual e impactos

No mundo, 74% da energia ofertada é de origem fóssil – o petróleo e seus derivados respondem por 32%, carvão 27% e o gás natural 22%. A oferta de eletricidade mundial também é dominada pelos combustíveis fósseis. O carvão é a fonte de 39% de toda a geração de eletricidade global, seguido pelo gás natural, 24% e energia nuclear, 10,4%. Nesse mercado, as fontes renováveis atendem apenas 24% da demanda.

O Brasil é reconhecidamente um país com um elevado potencial para aproveitamento das fontes renováveis de energia. Na nossa matriz energética as fontes renováveis já participam em 40,5%, percentual único no mundo. A biomassa e hidroeletricidade juntas contribuem em 35% de toda a oferta da matriz energética nacional.



Considerando exclusivamente a oferta de eletricidade, a participação das fontes renováveis na matriz brasileira é admirável. Cerca de 82% da produção deriva de fontes renováveis, onde a hidroeletricidade sozinha responde por 64% de toda nossa oferta. Vale aqui destacar o avanço da energia eólica (7,8%) e mais recentemente a energia solar (0,6%) na geração distribuída, e também a biomassa (como em usinas de produção de açúcar e álcool).

As fontes e tecnologias renováveis no país revestem-se assim de uma atratividade excepcional no que concerne ao planejamento da expansão do setor, pautado na preservação do caráter limpo da matriz energética nacional, bem como de sua sustentabilidade.

Caminhos para a sustentabilidade

O Brasil, como país em desenvolvimento, enfrenta o difícil desafio de atender à sua crescente demanda de energia, obstáculo este possivelmente agravado pela intensificação das alterações climáticas em curso. A necessária efetiva adaptação às mudanças globais do clima requer, por parte do Estado brasileiro, um permanente esforço para minimizar os conflitos que emergem da crise climática global, maximizando ganhos socioeconômicos, tecnológicos e ambientais. Nessa arena, os processos políticos devem superar avaliações de regramento estrito de mercado. Carece, de forma imperativa, considerar as interfaces e interdependência dos diferentes setores da economia.

O governo brasileiro deve reafirmar seus compromissos assumidos no âmbito de sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) na esfera do Acordo de Paris. Não se concebem retrocessos nesse momento. A expansão da produção de energias renováveis, além da matriz hidroelétrica, é uma necessidade real para um planejamento de médio e longo prazo, além de importante oportunidade de negócio (como se observa em países como a China, Espanha, Alemanha, Noruega, para listar poucos). Faz-se necessário considerar os efeitos das emissões de gases de efeito estufa e as consequentes mudanças climáticas que afetarão significativamente a distribuição geográfica e o potencial de geração energética no território nacional.



Eventos extremos, urbanização e desenvolvimento regional

Cenário atual e impactos

As cidades concentram hoje 50% da população mundial e as estimativas das Nações Unidas preveem que até 2050 esse percentual atingirá 70%. As cidades brasileiras já concentram 80% da população do país. Nesse contexto, praticamente todos os grandes desafios da humanidade, tais como desenvolvimento, redução da pobreza, mitigação e adaptação às mudanças climáticas têm no ambiente urbano foco central.

Como grande parte do planejamento das cidades envolve variáveis climáticas e decisões de longo prazo, é fundamental definir políticas públicas e planejamento que lidem com a incerteza, para que as estratégias escolhidas sejam adequadas à realidade futura. Dado o nível de desenvolvimento socioeconômico do país, não podemos correr o risco de desenvolver políticas públicas de infraestrutura e redução de vulnerabilidade populacional que não incorporem a questão da incerteza climática advinda das mudanças climáticas.

Atualmente, qualquer política de redução de vulnerabilidade populacional precisa considerar a interferência das mudanças climáticas na frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos. Esses eventos são os principais “gatilhos” para a ocorrência de desastres naturais de origem hidrometeorológica e climáticas, tais como inundações, enxurradas, deslizamentos de terra, destruição por vendavais, colapsos de safras e de sistemas de abastecimento de água por secas, entre outros.

No período entre 1998 e 2017, os desastres de origem hidrometeorológica e os geofísicos mataram 1,3 milhão de pessoas em todo o mundo e deixaram mais de 4,4 bilhões de feridos, desabrigados, desalojados ou de pessoas necessitando de ajuda emergencial. 91% de todos os desastres foram causados por enchentes, tempestades, secas, ondas de calor e outros eventos climáticos extremos.

No mundo, somente em 2017, 335 desastres naturais afetaram mais de 95,6 milhões de pessoas, culminando em 9.697 mortes e um custo total de US\$ 335 bilhões. Esse ônus não foi compartilhado igualmente por todas as nações, uma vez que a Ásia se caracterizou como o continente mais vulnerável a inundações e tempestades, com 44% de todos os desastres, 58% do total de mortes e 70% do total de pessoas afetadas. As Américas registraram as maiores perdas econômicas, representando 88% do custo total decorrente de 93 desastres.



Dados coletados a partir de 1950, sugerem que as mudanças climáticas já mudaram a magnitude e a frequência de eventos extremos de condições meteorológicas e climáticas em algumas regiões. No futuro, possíveis extremos climáticos mais frequentes e/ou intensos, acompanhados de altos níveis de vulnerabilidade combinados com exposição às condições meteorológicas e aos extremos climáticos mais graves, podem fazer com que alguns lugares no Brasil se tornem cada vez mais difíceis para viver e trabalhar.

Os eventos de secas têm se tornado mais frequentes e intensos nas últimas décadas. Como característica normal e recorrente do clima, as secas ocorrem em praticamente todos os regimes climáticos, incluindo áreas de alta e baixa pluviosidade; é um fenômeno temporário, em contraste com a aridez que é uma característica permanente do clima e está restrita a áreas de baixa pluviosidade. Entretanto, um clima mais quente, com maior variabilidade climática, potencializará o impacto causado pelas secas.

No Brasil, nos últimos anos, as secas afetaram diferentes regiões do país, como o Nordeste, durante 2012-2017; o Sudeste, em 2014-2015; a Amazônia, em 2005, 2010 e 2016; o Sul, em 2005 e 2012. A combinação de alta variabilidade espacial e temporal da precipitação, falta de irrigação, degradação da terra devido ao manejo inadequado do solo e a pobreza em grande escala nas áreas rurais fazem com que a região do semiárido brasileiro seja uma das áreas mais vulneráveis do mundo aos impactos das mudanças climáticas. Portanto, a natureza progressiva e multifacetada dos impactos de secas no ciclo hidrológico, nos ecossistemas e nas atividades humanas torna essa tipologia de desastres a mais complexa para identificar, analisar, monitorar e gerenciar, ainda que seja aquela que mais prejuízos causa em termos econômicos e ao meio ambiente.

As perdas causadas por seca no setor agrícola na região Nordeste do Brasil no período entre 2010 e 2015 chegaram a US\$ 6 bilhões. As estimativas de prejuízos totais são da ordem de US\$ 30 bilhões no período de 2012-2016 e 33,4 milhões de pessoas atingidas.

Caminhos para a sustentabilidade

Com vistas a enfrentar os impactos dos eventos extremos e estabelecer prioridades com foco na sustentabilidade, faz-se necessário: (i) estabelecer políticas de saneamento e de recursos hídricos, incluindo promoção de técnicas de reuso/eficiência do uso da água em consonância com as especificidades dos diferentes regimes climáticos; (ii) investir em outras fontes de energia, como solar, eólica, biomassa, construções com uso energético mais eficientes; (iii) estabelecer



políticas de planejamento/uso dos espaços urbanos, considerando as suscetibilidades aos desastres, ampliar espaços verdes nas cidades, investir em transportes públicos eficientes e confiáveis, fomentar agricultura urbana; investir em educação (ambiental, para percepção dos riscos de desastres, para adaptação às mudanças do clima).

Saúde

Cenário atual e impactos

Os impactos diretos das mudanças climáticas na saúde humana resultam de alterações extremas do clima como, por exemplo, ondas de calor e de frio, furacões, inundações (enchentes e enxurradas), queimadas e secas. Quanto aos impactos indiretos, esses são mediados por alterações no ambiente que influenciam os ecossistemas e os ciclos biológicos, geográficos e químicos, os quais podem modificar o perfil epidemiológico de doenças já existentes, assim como de doenças emergentes e reemergentes. As condições ambientais, geográficas, socioeconômicas e as condições dos sistemas de saúde são importantes forças motrizes, já que podem intensificar ou reduzir os possíveis impactos na saúde. Os impactos diretos e indiretos também podem causar efeitos ocupacionais, com perda de produtividade, desnutrição, problemas psicossociais e migração forçada.

O estresse térmico é acarretado pelo aumento na frequência de ondas de calor e o aumento da temperatura média diária. As consequências das mudanças climáticas são muitas, iniciando pela severidade das doenças, chegando ao incremento da mortalidade geral devido aos eventos extremos (secas e inundações) e também devido ao aumento da temperatura média. Estudos fisiopatológicos indicam que o mecanismo associado ao estresse térmico é relacionado a alterações na frequência cardíaca e na composição sanguínea, com aumento na produção de células/glóbulos vermelhos. Respostas termorreguladoras e aumento da viscosidade do sangue ou pressão arterial por vasoconstrição são apontados como respostas fisiológicas que podem desencadear desfecho cardio-cerebrovascular.

A mudança climática também afeta diretamente a transmissão de doenças, deslocando a distribuição geográfica de vetores, alterando taxas reprodutivas e reduzindo o período de incubação de patógenos. As doenças transmitidas por vetores (como dengue, chikungunya, entre outras), em especial, são influenciadas por variáveis meteorológicas, como temperatura, umidade, pluviosidade.



Variáveis ambientais também exercem papel fundamental no comportamento dos vetores e hospedeiros. O ciclo de vida dos vetores, assim como dos reservatórios e hospedeiros que participam da cadeia de transmissão de doenças, está fortemente relacionado à dinâmica ambiental dos ecossistemas onde vivem. Doenças como as leishmanioses, tegumentar e visceral, têm ampliado sua incidência e distribuição geográfica, e outras como a febre amarela, a filariose, a febre do oeste do Nilo, a doença de Lyme e outras transmitidas por carrapato, podem apresentar reemergência em situações de alterações climáticas e ambientais que favoreçam sua distribuição.

Outro impacto é o agravamento de problemas de saúde existentes, mantendo seu padrão sócio epidemiológico. Como exemplo, podemos citar a dispersão espacial de algumas doenças para novas áreas receptivas e vulneráveis e a reemergência de algumas doenças, principalmente em relação às arboviroses, como zika, dengue, chikungunya, febre amarela. Também pode se agravar a incidência de doenças de veiculação hídrica relacionadas à crise hídrica e as de origem alimentar.

Por exemplo, o consumo de água contaminada e a redução na higiene pessoal, associados ao aumento de temperatura, têm causado incremento na diarreia infantil, gastroenterites e contaminação de alimentos e dermatoses. O aumento da poluição atmosférica, principalmente em áreas urbanas e em períodos de queimadas, associado ao aumento de temperatura, tem comprometido a função respiratória de crianças e idosos.

Outras consequências das mudanças climáticas são o aumento da prevalência das doenças não transmissíveis, como doenças cardiovasculares, respiratórias, metabólicas, doenças renais e mentais, com os efeitos sinérgicos da associação da poluição do ar com os fatores climáticos.

Caminhos para a sustentabilidade

“O Acordo de Paris é potencialmente o mais forte acordo de saúde deste século”, disse Tedros Adhanom Ghebreyesus, diretor-geral da OMS. “A evidência é clara de que a mudança climática já está tendo um impacto sério na vida e na saúde humana. Ela ameaça os elementos básicos de que todos nós precisamos para uma boa saúde – ar limpo, água potável segura, estoque nutritivo de alimentos e abrigo seguro – e vai comprometer décadas de progresso na saúde global.”

Atingir as metas do Acordo de Paris para o clima poderia salvar cerca de 1 milhão de vidas por ano no mundo até 2050, com a redução da poluição do ar.



As últimas estimativas dos principais especialistas também indicam que o valor dos ganhos em saúde decorrentes da ação climática seria aproximadamente o dobro do custo das políticas de mitigação em nível global. A exposição à poluição do ar provoca 7 milhões de mortes em todo o mundo a cada ano, e custa cerca de 5,11 trilhões de dólares em perdas de bem-estar no mundo. Nos 15 países que mais emitem gases de efeito estufa, estima-se que os impactos da poluição do ar na saúde custem mais de 4% de seu Produto Interno Bruto (PIB). Ações para atingir as metas de Paris custariam cerca de 1% do PIB global.

A partir do Quinto Relatório do IPCC (AR5) ocorreu a adoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU e o desenvolvimento de literatura que vincula sustentabilidade e clima, assim como a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que visa implementar medidas radicais e transformadoras necessárias para um caminho sustentável e resiliente.

Os impactos diretos e indiretos das mudanças climáticas à saúde humana comprometem a Agenda 2030 e, conseqüentemente, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Particularmente no que diz respeito às populações mais vulneráveis, os determinantes da saúde evidenciam o comprometimento da qualidade de vida, aumentando as desigualdades em escala geométrica quando associados às mudanças climáticas.

As ações climáticas que os países se comprometeram a cumprir têm impacto direto na promoção da saúde e do bem-estar das pessoas, já que tratam de mitigar as emissões de gases poluentes responsáveis por afetar a qualidade do ar e por inúmeras doenças crônicas e mortes prematuras. O verdadeiro custo da mudança climática é sentido em nossos hospitais, na compra de medicamentos, nas perdas de anos de vida, na perda de produtividade e na morte precoce. Quando a saúde é levada em conta, a mitigação das mudanças climáticas é uma oportunidade, não um custo.

Precisamos investir em redução das vulnerabilidades sociais, ambientais, econômicas e institucionais, de forma a reduzir as desigualdades sociais. As populações de baixa renda têm menos espaços verdes, menos moradias com eficiência energética e menos recursos comunitários necessários para mitigar o impacto do calor. A saúde, meio ambiente e equidade estão intimamente interligados, e essa relação é essencial especialmente em áreas urbanas em crescimento.



Necessitamos de mecanismos para aumentar a integração nacional e internacional entre pesquisadores, gestores, e estudiosos das mudanças climáticas, assim como compartilhar capacitação para os vários setores da economia no país, fomentar e desenvolver pesquisas sobre os mecanismos envolvidos nas interações, sinergismos e efeitos das mudanças climáticas à saúde humana e um esforço integrado com os vários setores da economia nacional para redução das desigualdades presentes em todo território nacional, principalmente em áreas de grandes projetos de desenvolvimento econômico, o que representa uma contradição entre o discurso e a prática.

O setor da saúde pode ter um papel central para ajudar as sociedades a se adaptarem aos efeitos da mudança climática e aos riscos que esta representa para a saúde humana.

O planejamento de intervenções de adaptação deve ser discutido com a sociedade e realizado para reduzir os impactos das ondas de calor, especialmente em regiões que os estudos de estresse térmico já indicam situação crítica. Ao nível internacional seis níveis de intervenções são recomendados – individual, interpessoal, comunitário, institucional, ambiental e via políticas públicas – assim como seus métodos, mecanismos e resultados.

Biodiversidade e Ecossistemas

Cenário atual e impactos

O Brasil abriga uma enorme parcela da biodiversidade do planeta, que se estima estar entre 15% e 20% das espécies do mundo. Além disso, a fauna e flora brasileiras são a maior do mundo em espécies endêmicas, ou seja, que só são encontradas no Brasil. Essa notável biodiversidade é um importante capital natural que confere ao país uma posição de destaque e grande responsabilidade em âmbito internacional. O Brasil conta também com uma grande diversidade de ambientes, desde os semiáridos, como a Caatinga, até florestas tropicais úmidas, como a Amazônia e a Mata Atlântica.

Os biomas brasileiros também diferem no seu estado de preservação e, portanto, no grau de ameaça à biodiversidade que abrigam. A Amazônia brasileira, um bioma de grande biodiversidade e de visibilidade internacional, retém mais de 80% de sua cobertura vegetal original, sendo 47% protegidos em Unidades de Conservação e Terras Indígenas.



Entretanto, o cenário atual na região é de rápida perda dos serviços ambientais dos ecossistemas, com destaque para os importantes papéis da floresta amazônica em manter a biodiversidade, em estocar carbono (evitando o aquecimento global) e em reciclar a água que é fundamental para manter as chuvas não apenas na Amazônia mas também em outras partes do Brasil, incluindo as regiões Sudeste e Centro-Oeste. Esses papéis estão sendo perdidos com o desmatamento, que está aumentando desde 2012 e que exibe uma marcada aceleração recente. Os serviços ambientais também são perdidos com a degradação da floresta devido à exploração madeireira, secas, incêndios florestais, efeitos de fragmentação e invasão de bambus e lianas. Grandes secas em anos recentes, que são consistentes com mudanças previstas com o aquecimento global, sinalizam o perigo para Amazônia e seus serviços ambientais.

O Cerrado e a Mata Atlântica estão entre os 36 “hotspots de biodiversidade” do planeta, ou seja, são lugares que apresentam elevados endemismo e biodiversidade, mas que, no entanto, passam por um corrente processo de degradação, principalmente pela perda de sua cobertura vegetal. Toda essa biodiversidade é vulnerável tanto às mudanças no uso da terra quanto às mudanças climáticas globais.

A vulnerabilidade da biodiversidade está associada tanto ao aumento das concentrações de CO₂ na atmosfera quanto à elevação do nível do mar, dentre outros fatores. A distribuição geográfica dos biomas é fortemente influenciada pelo clima, a tal ponto que os mesmos biomas são encontrados em regiões com climas similares ao redor do planeta. O mesmo acontece com as espécies, cuja ocorrência também é fortemente determinada pelo clima.

Em cenários futuros, o clima ótimo para ocorrência das espécies pode sofrer um grande deslocamento, redução ou mesmo desaparecimento de uma determinada região. O desaparecimento do clima a que uma espécie está adaptada é um enorme problema ecológico e que pode levar, inclusive, a extinções.

O aumento da concentração de CO₂ atmosférico faz com que as plantas incorporem mais carbono em sua biomassa, tornando-se menos nutritivas e palatáveis. Isso tem consequências negativas para os organismos herbívoros, de insetos a mamíferos, que são, por sua vez, fonte de alimento para organismos carnívoros. O aumento do carbono na biomassa de plantas também reduz sua taxa de decomposição, interferindo, portanto, na ciclagem de nutrientes de todo o sistema.



O aumento do nível do mar vem reduzindo a extensão de ambientes costeiros, como restingas e manguezais, impactando todas as espécies que esses ambientes abrigam. Os manguezais funcionam como berçário para diversos animais marinhos, que também serão afetados pela sua redução e eventual desaparecimento de suas populações. O aumento da concentração de CO₂ atmosférico também causa a acidificação dos oceanos, impactando os organismos marinhos. A redução do pH dos oceanos reduz a disponibilidade de carbonato de cálcio no ambiente, utilizado por organismos calcificadores, como alguns mariscos, corais, e alguns tipos de alga, reduzindo sua capacidade de formar conchas e, portanto, suas taxas de sobrevivência. Os corais também são susceptíveis ao aumento de temperatura, que está associado ao processo de “branqueamento de corais”, causando sua morte. Os recifes de corais formam o habitat para diversas espécies, sendo considerados os ambientes de maior biodiversidade dos oceanos e o seu desaparecimento implica, portanto, no desaparecimento de uma enorme diversidade de espécies associadas.

Os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade brasileira ameaçam o capital natural do país e todos os seus ativos ambientais. Isso porque a biodiversidade é protagonista em diversos setores da economia brasileira. Os polinizadores, por exemplo, têm papel crucial em diversas lavouras de importância econômica no Brasil. Estima-se que os polinizadores contribuam com aproximadamente 43 bilhões de reais para a economia do país, bem como para a manutenção de atividades que garantem o modo de vida de diversas famílias. Estudos preveem que os impactos negativos das mudanças climáticas sobre abelhas polinizadoras podem reduzir a produtividade dos cultivos de tomate, abacate, algodão, café, goiaba e girassol, em 90% dos municípios produtores, sobretudo no Brasil central. Estudos com gramíneas no Cerrado também preveem um declínio na produtividade da pecuária brasileira, em função da redução na qualidade da forragem, associada ao aumento das concentrações de CO₂. O aumento do nível do mar e a acidificação dos oceanos também devem comprometer a produção de camarão no nordeste e de ostras no sul do Brasil, além da produção pesqueira em geral.

Caminhos para a sustentabilidade

Sabemos que a sinergia entre mudanças climáticas e supressão da vegetação nativa aumenta enormemente a vulnerabilidade da biodiversidade às mudanças climáticas. Assim, uma estratégia bem estabelecida para aumentar a resiliência da biodiversidade é reduzir a perda de habitat. Para que essa estratégia seja bem-sucedida, no entanto, é preciso entender a perda de habitat como um problema socioecológico, trabalhando dentro da perspectiva de um sistema integrado homem-natureza, ao invés de trabalhar com os sistemas sociais e naturais separadamente.



Algumas iniciativas já possuem mecanismos legais que podem favorecer a sua implementação, como é o caso de programas de pagamento por serviços ambientais. No país, a maior parte destes programas está focada na conservação da vegetação no entorno de áreas de nascentes e corpos hídricos para garantir a provisão de água e a conservação da biodiversidade contida neles.

A perda de habitat pode ser reduzida por meio da criação e manutenção de Unidades de Conservação em biomas ou regiões que ainda mantêm grande cobertura de vegetação nativa. Já em biomas como a Mata Atlântica e o Cerrado, que retêm pouco da cobertura vegetal original, ações envolvendo restauração ecológica são fortemente recomendadas. É bem estabelecido que a eficiência dessas ações aumenta com o emprego de um planejamento sistemático na escolha de áreas para conservação e restauração, que prioriza áreas não apenas em função de sua biodiversidade, mas também das suas potencialidades e limitações socioeconômicas.

Concomitantemente, o investimento em tecnologias pode atenuar a pressão de determinadas atividades sobre estes biomas. A pecuária, por exemplo, é uma das principais atividades relacionadas à perda da cobertura vegetal nativa e seus potenciais impactos sobre a biodiversidade poderiam ser minimizados com o aumento na produtividade das áreas já desmatadas. Estima-se que um aumento de 32% para aproximadamente 50% na produtividade destes territórios seria o suficiente para garantir a demanda de carne, biocombustíveis, produção agrícola e madeireiro no país, pelo menos até 2040.

Outro fator importante para o sucesso das ações são as contrapartidas sociais. A implementação de Unidades de Conservação e projetos de restauração devem ter uma participação efetiva dos diferentes atores locais, a fim de promover o desenvolvimento regional e bem-estar humano. Inclusive, estudos já demonstram que há uma relação positiva entre presença de áreas protegidas, o bem-estar humano e a manutenção de atividades econômicas. Já foi demonstrado, por exemplo, que a produção de café, uma das principais culturas agrícolas do país, é beneficiada pela proximidade de áreas conservadas de vegetação nativa, garantindo a atividade e manutenção da população de polinizadores. Em cenários futuros, a conservação e restauração destas áreas deverá ser o principal mecanismo para a proteção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos que proveem bem-estar humano. A possibilidade de integrar essas diferentes perspectivas está centrada no conceito de adaptação baseada em ecossistemas, que integra múltiplas ações a fim de diminuir a vulnerabilidade de sistemas ecológicos, econômicos e sociais às mudanças do clima.



Oceanos e Zonas Costeiras

Cenário atual e impactos

Os oceanos estão absorvendo grande parte da energia térmica extra gerada pelo aquecimento global do planeta. A quantidade de calor absorvida pelos oceanos tem sido crescente, acompanhando o aumento da temperatura média atmosférica.

Os relatórios mais recentes do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC AR5) e do Painel Brasileiro para Mudanças Climáticas (PBMC) apontam para aumento nas temperaturas médias e na salinidade da superfície do Oceano Atlântico nas últimas décadas, em especial nas suas porções equatorial e tropical. O aumento de calor nos oceanos altera padrões de circulação superficial, com efeitos regionais no clima, incluindo a frequência de eventos extremos de chuvas, secas prolongadas, tempestades e formação de ciclones tropicais e extratropicais, em áreas costeiras e no interior. No caso específico do Oceano Atlântico, que banha a costa brasileira e compõe a “Amazônia Azul”, estudos indicam ainda a probabilidade de mudanças nos padrões de vento e de formação de tempestades e ciclones em áreas tropicais. Degelo em altas latitudes e alterações no balanço evaporação-precipitação levam a mudanças na circulação oceânica, afetando também a distribuição de calor, nutrientes e plâncton, estes últimos organismos responsáveis pela manutenção da cadeia alimentar e da biodiversidade nos oceanos.

Temperaturas mais elevadas nos oceanos também podem afetar camadas de água mais profundas e diminuir a solubilidade de gases importantes no ciclo biológico, como o oxigênio, fundamental para a vida no planeta. A esse processo dá-se o nome de desoxigenação. Estudos apontam para uma tendência de diminuição da concentração média de oxigênio em diferentes porções da coluna d’água dos oceanos, incluindo o Oceano Atlântico, em sua porção adjacente ao litoral brasileiro.

A desoxigenação das águas oceânicas afeta principalmente a saúde dos ecossistemas oceânicos e costeiros, já que a biodiversidade local está ligada à tolerância dos organismos à maior ou menor disponibilidade de oxigênio na coluna d’água. Uma coluna d’água hipóxica também pode transformar-se em fonte de óxido nitroso (N₂O), um dos “mais eficientes” gases de efeito estufa.

Em relação ao dióxido de carbono (CO₂), principal gás de efeito estufa emitido pela atividade humana, os dados de observações mais recentes, tanto da atmosfera quanto da superfície do mar apontam para um aumento da sua concentração.

O aumento da concentração de CO₂ nos oceanos leva à sua acidificação, que já é observada em diversas regiões do oceano global.



Estudos recentes apontam que, na Amazônia Azul brasileira (região do Oceano Atlântico adjacente à costa brasileira, sob jurisdição nacional), existem áreas de maior sensibilidade à acidificação, como os recifes de corais e plataformas continentais das regiões leste e nordeste. Na região das plataformas continentais sul e sudeste brasileira, já foram observadas alterações no pH de massas de água intermediárias, que chegam à zona costeira ocasionalmente.

A acidificação dos oceanos, provocada pela assimilação de parte do CO₂ emitido pelo homem, altera a química da água do mar, e diminui o pH da água. Valores mais baixos de pH perturbam ou impedem o desenvolvimento de vários organismos que produzem estruturas de carbonato, como corais, moluscos bivalves ou grupos do plâncton, alguns de grande interesse ecológico e mesmo econômico. Em combinação com a desoxigenação, estima-se que a atual taxa de acidificação dos oceanos (a superfície dos oceanos encontra-se cerca de 30% mais ácida em relação ao início da Revolução Industrial, no final do séc. XVIII) possa provocar perdas irreversíveis de sua biodiversidade, influenciando no fluxo de massa e energia através de sua teia trófica. Alterações na teia trófica marinha implicam também em perdas econômicas e riscos para a segurança alimentar no país.

Outro impacto provocado pelas mudanças climáticas é a elevação do nível médio do mar, resultante sobretudo da expansão térmica da água do mar e do derretimento de calotas polares, ambos consequência do aquecimento. Em função da localização, o aumento do nível do mar pode ser reforçado pelo aumento anômalo da ação dos ventos. Esta é a situação que se observa, por exemplo, ao longo da porção leste do nordeste brasileiro, onde se verifica um incremento dos ventos alísios nos últimos 50 anos, o que provoca um maior empilhamento de massas d'água sobre a plataforma costeira. Espera-se aumentos no nível do mar da ordem de 20 cm a 50 cm até o final do século ao longo da costa brasileira.

O recente relatório especial do IPCC sobre o aumento da temperatura média global além de 1,5°C (SR1.5 IPCC, 2018) indica que o nível do mar continuará a aumentar para além do final do século XXI, mesmo que o aumento da temperatura média fique limitado a 1,5°C. É preciso lembrar que cerca de 10% da população global vive em áreas que não ultrapassam 10 m acima do nível do mar, segundo a ONU. O aumento do nível do mar expõe áreas costeiras mais baixas, geralmente populosas, a inundações mais intensas e frequentes e/ou salinização de águas subterrâneas.

Estas situações se agravam quando as cidades não são equipadas com sistemas eficientes de drenagem urbana, que é o caso verificado na grande maioria das cidades costeiras brasileiras.



Além disso, pode ocorrer também a perda da biodiversidade de sistemas costeiros e estuarinos, diante das alterações dos teores de sal resultantes da modificação da dinâmica da intrusão salina nestes ecossistemas. Os impactos acima expõem as populações a situações de insegurança quanto ao fornecimento de água potável e alimentos, com efeitos que podem afetar também a saúde pública e a habitação.

As regiões costeiras são altamente vulneráveis a quase todos os impactos das mudanças climáticas, atingidas diretamente pelo aumento acelerado do nível médio do mar, elevação da temperatura superficial do mar e o do ar, eventos extremos de ondas de tempestade, mudanças nos regimes de precipitação e descarga fluvial, e acidificação dos oceanos. Embora as previsões possam variar entre regiões costeiras do globo, a unanimidade é que a maioria destes impactos trazem prejuízos para os ecossistemas e para a sociedade.

Os impactos das mudanças climáticas em regiões costeiras são acentuados pelo grau de degradação ambiental e pelo aumento acelerado da urbanização e atividades humanas, concentradas nestas regiões, com consequências drásticas para a sociedade. Ecossistemas costeiros fornecem bens e serviços valiosos como proteção da costa, sequestro de carbono, depuração da água, manutenção da biodiversidade, pesca, recreação, turismo, atividades portuárias etc., avaliados na ordem de bilhões de dólares por ano. Na grande maioria das regiões costeiras, a degradação ambiental implica na perda ou redução destes serviços ecossistêmicos, perda de resiliência dos sistemas naturais e aumento da vulnerabilidade socioambiental. Inundações, destruição de habitats, diminuição da qualidade da água, colapsos pesqueiros e perda de outros recursos naturais impactam, direta ou indiretamente, entre centenas de milhões e bilhões de pessoas anualmente. Estes custos e prejuízos socioeconômicos estão aumentando significativamente em função das mudanças climáticas.

As extensas linha de costa e zona oceânica brasileira (Amazônia Azul, com cerca de 5,7 milhões de km² de extensão) abrigam uma alta diversidade de ambientes e ecossistemas influenciados por climas regionais e dinâmicas geomorfológicas e oceanográficas distintas, implicando em níveis de vulnerabilidades variáveis às mudanças climáticas. Apesar da alta variabilidade na intensidade do processo, é possível afirmar que a erosão costeira ocorre de modo generalizado ao longo de todo o litoral brasileiro.

Diversas são as cidades costeiras que sofrem com problemas de erosão, drenagem e inundações, os quais serão amplificados em cenários de elevação do nível do mar.



Mudanças na circulação costeira e dos estuários brasileiros já são observados nas últimas décadas, devido a modificações nas taxas de precipitação e descarga fluvial, afetando a qualidade da água, a biodiversidade e a sócio economia local, particularmente de populações que dependem mais diretamente de recursos naturais, como pesca, extrativismo e maricultura.

Os ecossistemas oceânicos e costeiros do Brasil e seus recursos estão ameaçadas pelas mudanças climáticas globais e pelas interações com impactos locais (construções, destruição de habitats, poluição, pesca predatória, invasões biológicas etc.). As respostas da biodiversidade marinha brasileira às mudanças climáticas são variadas, mas agravadas nas regiões densamente povoadas. Estudos apontam mudanças na abundância e distribuição de espécies-chave, aumento de espécies oportunistas e invasoras, aumento dos eventos de branqueamento e mortalidade de corais, aumento na incidência de doenças em organismos marinhos, perda de bancos de gramas marinhas e reduções de áreas de manguezais. Todos estes impactos reduzem a qualidade dos ambientes marinhos e costeiros, com prejuízos para os bens e serviços ecossistêmicos e implicações para a sócio economia de populações costeiras.

No Brasil, as florestas de manguezais possuem alta capacidade de sequestro de carbono, na biomassa e no sedimento, sendo de suma importância para a mitigação das mudanças climáticas. Quando destruídos, estes estoques podem gerar emissões da ordem de milhões de toneladas de CO₂ por ano, contribuindo ainda mais para o aquecimento.

Caminhos para a sustentabilidade

Para a que o país tenha ferramentas para o gerenciamento dos impactos e possa planejar ações de mitigação e adaptação para a sua Amazônia Azul, faz-se fundamental o investimento em sistemas de observação, tanto do meio físico-químico, quanto biológico. Somente através de séries temporais longas podemos detectar mudanças com maior segurança, e alimentar modelos climáticos para prognósticos ou estudos de cenários de mudanças climáticas.

O uso de instrumentos de observação oceanográfica autônomos ou a bordo de meios flutuantes abre também possibilidades para o desenvolvimento tecnológico nacional de novos sensores e da biologia molecular (metagenômica e proteômica).



No caso do aumento do nível do mar, acrescenta-se ainda a elevada vulnerabilidade da região costeira brasileira, onde se localizam as grandes metrópoles do país e onde a escassez histórica de observações contínuas dificulta a quantificação e aumenta as incertezas das projeções dos cenários futuros e de seus impactos associados. É de importância fundamental, portanto, o estabelecimento de uma rede de observação de longo período de variáveis meteoceanográficas essenciais (por exemplo, ventos, ondas, correntes, temperatura do mar, salinidade, oxigênio, nutrientes dissolvidos) ao longo de todo o litoral e Amazônia Azul brasileiros, bem como o acompanhamento da evolução da linha de costa nas regiões sujeitas a maior ação erosiva.

Uma outra medida, igualmente importante, visa garantir a manutenção dos serviços ecossistêmicos de proteção da linha de costa propiciados naturalmente pelos recifes, manguezais e ilhas oceânicas (por exemplo, Fernando de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas, Trindade e Martins Vaz). A criação de Áreas Marinhas Protegidas (AMPs) envolvendo o continuum terra-oceano tem se mostrado internacionalmente uma estratégia de ação vitoriosa, com a valoração contínua dos serviços ecossistêmicos prestados. Os efeitos das mudanças climáticas e o aumento da elevação do nível do mar, por exemplo, têm provocado uma migração adaptativa dos manguezais terra-adentro, como vem sendo observado no Nordeste.

Sem o estabelecimento de AMPs, estas novas áreas de manguezais ficam sujeitas ao processo de degradação impulsionado pela pressão antrópica, uma vez que a legislação vigente não garante a proteção sobre os apicuns. É necessário, portanto, reavaliar e adequar os instrumentos legais, com ênfase nos planos de urbanização municipais, identificando estratégias de planejamento e habilidades locais para transformar as informações científicas em instrumentos efetivos de adaptação e mitigação específicos para cada região/ecossistema costeiro e oceânico do país.

O estudo e compreensão dos impactos das mudanças climáticas globais sobre cada região marinha do país é imprescindível para o planejamento estratégico e para a tomada de decisões por parte do poder público e da sociedade. O alcance das pesquisas relacionadas com impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas nas zonas costeiras brasileiras, mais populosas, ainda se encontra limitado por deficiências do conhecimento e pela escassez de monitoramento ambiental de longo prazo.

O processo de construção do Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas antecipou uma série de dificuldades, derivadas desta carência de informações.

Estas limitações somente serão superadas a partir da interdisciplinaridade, da aplicação de protocolos metodológicos intercomparáveis e do estabelecimento de sistemas observacionais contínuos ao longo da costa, em conjunto com estudos experimentais avançados e aplicação de modelagem dos processos físicos e ecológicos. Somente com observações acuradas e consistentes é possível concluir, para todo o litoral brasileiro, sobre as tendências do nível do mar, clima de ondas, mudanças na linha de costa, temperatura do mar, pH e tantos outros parâmetros afetados pelas mudanças climáticas. Com o conhecimento adequado é possível mapear as vulnerabilidades de cada região do país, a fim de propor alternativas de mitigação e estratégias adaptativas.

Portanto, para prever melhor os impactos das mudanças climáticas sobre as zonas costeiras brasileiras, compreender as respostas dos ecossistemas, da sua biodiversidade e as suas implicações socioambientais, faz-se necessário o investimento em infraestruturas observacionais estratégicas e a criação de centros e laboratórios interdisciplinares e multi-institucionais. A continuidade e fortalecimento das redes e sistemas observacionais existentes, dos programas de longo prazo, assim como o investimento de fundo setoriais são fundamentais para a consolidação de uma agenda nacional de pesquisa em mudanças climáticas. O investimento coordenado, que priorize o conhecimento estratégico, permitirá ao Brasil tratar adequadamente do tema mudanças climáticas globais e suas implicações para a sociedade, incluindo aquelas que fragilizam a soberania nacional. Este processo deve ser institucionalizado e o financiamento incorporado à legislação, para que tenhamos a segurança de sua manutenção, independentemente de interesses políticos de curto prazo.

Pesquisas científicas e políticas demandam tempo de respostas distintas. De um lado, os resultados de uma pesquisa, por vezes desenvolvida por anos, podem levar outros anos ou até décadas para se transformar em política pública. De outro lado, uma demanda social pode requerer estudos que ainda levarão anos para chegar aos resultados. Desta maneira, há necessidade de esforços permanentes de integração entre as esferas de pesquisa e de política, construindo uma relação de confiança entre pesquisadores, tomadores de decisão e a sociedade. Deve-se explorar muito mais o potencial da ciência, da tecnologia, da inovação, da criatividade e da comunicação.



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Av. dos Astronautas, 1758 - Jd. da Granja 12227-010
São José dos Campos - SP - Brasil

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
Estrada Doutor Altino Bondesan, 500 - Eugênio de Melo
12247-016 - São José dos Campos - SP - Brasil

redeclima.ccst.inpe.br