FAPESP
MUDANÇAS
CLIMÁTICAS

PLANO CIENTÍFICO MUDANÇAS CLIMÁTICAS - FAPESP

2020 - 2030

PROGRAMA FAPESP DE PESQUISA SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS - PFPMCG

COMITÊ DO PROGRAMA

Paulo Artaxo (IF-USP)
Gilberto Jannuzzi (UNICAMP)
Patricia Morellato (UNESP)
Jean Ometto (CCST-INPE)
Humberto Rocha (IAG-USP)
Reynaldo Victoria (CENA-USP)

www.facebook.com/mcfapesp
www.fapesp.br/pfpmcg

SUMÁRIO

Sumário Executivo i

Introdução 1

1- Política Energética e Socioeconomia 6

2- Modelagem Climática e Ambiental 10

3- Biodiversidade e Ecossistemas 14

4- Mudanças de Uso do Solo e Agropecuária 18

5- Urbanização e Mudanças Climáticas 21

6 - Saúde e Mudanças Climáticas 24

7 – Dimensões Sociais e Econômicas 28

8 - Considerações Gerais 31

Referências e Links 33

Sumário Executivo

Precisamos entender melhor o impacto das mudanças climáticas na sociedade e economia do país, sua infraestrutura, cadeias produtivas, biodiversidade, funcionamento dos ecossistemas, saúde, e na avaliação da vulnerabilidade social, para aumentar a resiliência socioambiental. As mudanças climáticas podem ser vistas como oportunidades para o desenvolvimento tecnológico da indústria, transição para sistemas produtivos mais sustentáveis, uma economia da biodiversidade, preencher o déficit urbano de infraestrutura com inclusão social e resiliência entre outras oportunidades. O Brasil tem condições potenciais de ser competitivo numa economia de baixo carbono desde que implemente sua matriz energética sem combustíveis fosseis, reduza as emissões de gases de efeito estufa oriundas de desmatamento e diminua as emissões de gases de efeito estufa da agropecuária e induzindo ações como a restauração ecológica e conservação da biodiversidade.

O **Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG)** implementa uma agenda científica voltada a entender os processos associados à mudança do clima e avaliar as suas causas e os seus impactos, fornecendo subsídios científicos para encontrar soluções e apoiar políticas públicas baseadas em evidências científicas e gerar conhecimento. Entre os objetivos dessa agenda estão:

- oferecer soluções de adaptação e mitigação baseadas em ciência, como procedimentos para zerar o desmatamento ilegal na Amazônia e Cerrado, e investir na recuperação da vegetação nativa em todos os biomas brasileiros, auxiliando na exploração sustentável dos ecossistemas brasileiros;

- auxiliar o Brasil no cumprimento das suas metas de redução de emissões associadas ao Acordo de Paris e no atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS);

- Atuar de forma proativa na proposição de instrumentos que promovam a economia de baixo carbono, auxiliando na mitigação e reestruturação do sistema energético e industrial brasileiro à transição para uma economia de baixo carbono;

- desenvolver estratégias para redução de emissões na agropecuária nacional e na cadeia de produção de alimentos, aumentando a produtividade agrícola e intensificando a pecuária, melhorando a segurança alimentar e nutricional nacional.

- gerar conhecimento para incorporar de modo integrado as questões das mudanças climáticas em políticas setoriais, como saúde, educação, energia, desenvolvimento industrial, infraestrutura entre outras;

- Na esfera de nossas cidades, repensar a mobilidade urbana, códigos de edificações, uso e ocupação de solo, visando o conforto térmico da população e proteção aos eventos climáticos extremos, aumentando a resiliência urbana;

- desenvolver estratégias para a gestão de resíduos sólidos e líquidos urbanos e industriais visando a redução das emissões, segurança da população e geração de empregos.

- ajudar na popularização do conhecimento científico sobre as mudanças climáticas para uma parcela significativa da população em geral;

Vale ressaltar que aumentar a resiliência socioambiental do país a eventos climáticos extremos, às alterações no ciclo hidrológico e demais mudanças climáticas em andamento é central aos desafios que as mudanças ambientais globais nos apresentam. A adaptação às mudanças climáticas inclui a questão das cidades costeiras e a infraestrutura frente ao aumento do nível do mar.

Mudanças climáticas vêm influenciando alterações no regime de chuvas, na temperatura, nível e química de águas costeiras, mudanças na fenologia das plantas, funcionamento de ecossistemas e, além de outros, na distribuição da biodiversidade, inclusive na distribuição de vetores transmissores de doenças. Estas mudanças interagem entre si e com 'múltiplos estressores' sociais e ambientais que podem ampliar seus impactos. Porém, muitas destas dimensões das mudanças climáticas, e suas interações, precisam ser melhor compreendidas a partir da colaboração estreita entre as diversas linhas de pesquisa na academia e setores privados.

As fortes alterações no regime de chuvas em todas as regiões do país exigem soluções para minorar os problemas socioeconômicos advindos das secas mais fortes e frequentes, e inundações extremas em grandes áreas. Como se sabe, o setor agropecuário é fortemente impactado pela alteração no regime de chuvas, sendo que os modelos climáticos com maior qualidade de previsão e cenários baseados em narrativas socioeconômicas calcadas na sustentabilidade, podem subsidiar a adaptação deste e de outros importantes setores a um clima alterado. Assim, o FAPESP Mudanças Climáticas vem contribuir também para o desenvolvimento de estratégias baseadas na integração das diferentes áreas das ciências,

visando atingir a segurança hídrica, alimentar, saúde e energética e a justiça social, buscando estratégias de adaptação climática minimizando os impactos socioeconômicos na sociedade.

Assim, gerar conhecimento e criar uma massa crítica de pesquisadores nas diversas ciências naturais, de saúde, tecnológicas e sociais, para subsidiar ações que visem a mitigação de emissões e adaptação às mudanças climáticas, além da recuperação dos serviços ecossistêmicos, são fundamentais na melhoria da relação sociedade-meio ambiente. É com essa perspectiva que o PFPMCG visa contribuir para que o Brasil, como um país mega diverso e com multiplicidade étnica e cultural, possa assumir um papel de liderança global no campo de soluções sustentáveis. É preciso fazer o conhecimento gerado atingir a sociedade de maneira inclusiva. Tais objetivos só podem ser atingidos com pesquisas inter e transdisciplinares, com integração com programas nacionais (BIOTA, BIOEN, e-Science, Políticas Públicas) e internacionais (Belmont Forum, UNEP, GEO, Future Earth, IAI etc.).

Introdução

Os impactos das mudanças climáticas estão se acelerando rapidamente. Como consequência, é crescente o reconhecimento da necessidade de fortes ações de mitigação de emissões e de adaptação (*WEF Global Risks Report 2020*). A ciência tem avançado a passos largos nesta área, mostrando um dinamismo importante em estudos interdisciplinares e transdisciplinares, e voltados à adoção de políticas públicas, seja para as distintas regiões do país, incluindo o oceano territorial, ou setores específicos como o de água, alimento, transporte e geração e consumo de energia. A ciência interdisciplinar, fundamentada na pesquisa de qualidade e continuada, é central para o enfrentamento do maior desafio da humanidade nesse século: as mudanças climáticas globais (*IPCC AR5, 2014*).

Tal a dimensão das alterações determinadas pela ação humana no planeta que a comunidade científica considera essa como uma nova era geológica, o Antropoceno, que está alterando profundamente nossa relação com a natureza, e é fundamental desenvolvermos uma ciência que contribua para alcançarmos uma sociedade sustentável ao longo das próximas décadas, conciliando preservação do meio ambiente com desenvolvimento econômico e justiça social.

Os desafios envolvidos na redução do impacto das ações humanas no ambiente, alinhados à necessidade do desenvolvimento sustentável e redução de desigualdades sociais, são tarefas que passam pelo desenvolvimento de sólidos resultados científicos com estratégias de mitigação e adaptação. Impactos sociais das mudanças climáticas agravam, em especial, a condição das populações mais vulneráveis com menor acesso a serviços básicos, como alimentação de qualidade, saúde, energia, habitação e saneamento. A ciência é uma ferramenta básica para que sejam estruturadas medidas eficientes na redução dos impactos das mudanças climáticas globais.

O Brasil é signatário do Acordo de Paris e dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) *(Agenda 2030, ONU Brasil*) e sua comunidade científica tem contribuindo fortemente com avanços científicos capazes de pautar as esferas das políticas públicas e estratégias de desenvolvimento socioeconômico, e orientar os tomadores de decisão quanto ao desenvolvimento sustentável do país. As ações de bases científicas para atender os desafios impostos pela alteração climática e ambiental passam pelo estabelecimento de métricas e referências, de forma a contribuir na formulação de estratégias regionais e nacionais de detecção/atribuição, mitigação e adaptação aos seus efeitos adversos.

O crescimento da população humana mundial, que poderá alcançar entre 9 a 10 bilhões de pessoas em 2050, nos coloca frente a um dos maiores desafios do século 21. De fato, o relatório do IPBES 2019 mostra que nos últimos 50 anos 14 dos 18 serviços ambientais avaliados entraram em declínio e que seus impactos são distribuídos de maneira socialmente desigual entre e dentro de países (IPBES 2019). Como manter a manutenção e provisão de qualidade ambiental, minimizar riscos de eventos extremos, acesso a recursos básicos como água, e ao mesmo tempo alimentar um contingente populacional de maneira sustentável e garantindo a segurança e equidade em um cenário de mudanças climáticas? O aumento na demanda e a pressão sobre os já escassos recursos naturais será inevitável, assim como sérios impactos econômicos.

As mudanças climáticas têm fortes ligações com a perda da biodiversidade que observamos em praticamente todos os ecossistemas terrestres, aquáticos e no ambiente marinho (*IPBES 2019*). A resiliência dos ecossistemas e sua capacidade de reagir a mudanças dependem em grande parte de sua biodiversidade. As alterações observadas na taxa de precipitação e sua sazonalidade, e no aumento de temperatura estão afetando o funcionamento dos ecossistemas. Importante salientar que a maior parte da detecção e atribuição acumulada nas últimas décadas tem sido derivada da análise de observações de longo prazo no Hemisfério Norte. A carência de dados e de pesquisas sobre as dimensões sociais e de saúde das mudanças climáticas são ainda mais pronunciadas. Séries temporais de dados físicos e de biodiversidade em todos os biomas brasileiros e no Atlântico Sul são necessárias, incluindo dados paleoclimáticos. Mudanças climáticas podem, por exemplo, levar a desencontros entre a época da floração e atividade dos polinizadores, afetando a produtividade da floresta e das culturas com consequências ainda imprevistas para a manutenção da biodiversidade e da produção de alimentos. As mudanças climáticas afetam os padrões ecossistêmicos da fotossíntese e da produtividade, podendo modificar os ciclos hidrológicos e a dinâmica do carbono das comunidades. Os efeitos sinérgicos da mudança do uso da terra, incluindo a fragmentação e redução de vegetação nativa e mudanças do clima, podem aumentar a ação de pragas reduzindo os polinizadores e exigindo medidas de mitigação ou adaptação para garantir a produtividade de muitas culturas alimentares no Brasil e ao redor do mundo. Essas medidas podem aumentar as incertezas e encarecer a produção de uma grande gama de alimentos que dependem de polinizadores ao mesmo tempo que limita a produtividades dessas culturas, afetando a segurança alimentar.

O Brasil mostra vulnerabilidades importantes nas áreas ambiental e climática. O observado aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos tem impactado sobremaneira nossa população, a economia e o funcionamento dos ecossistemas. Os eventos climáticos extremos impactam a produção agrícola, a infraestrutura costeira, a

disponibilidade de recursos hídricos, e a qualidade ambiental das cidades entre muitos outros efeitos. Considerando a alta densidade populacional, deficiências infraestruturais, e altos níveis de poluição e degradação de rios e áreas úmidas, a elevação do nível do mar em conjunto com evento oceanográficos extremos ameaça importantes atividades socioeconômicas dependentes dos oceanos como turismo, pesca e comércio internacional.

As questões relacionadas com as mudanças nos padrões de uso e cobertura do solo são de interesse central aos estudos relacionados as mudanças ambientais globais, em especial pelo acelerado processo de alterações das últimas décadas com fortes impactos ambientais e sociais. A Amazônia, o Cerrado, o Pantanal e as zonas costeiras são grandes áreas do país que sofrem com um processo desordenado de mudança do solo com efeitos deletérios sobre os ecossistemas e o clima regional e global.

Impactos crescentes no ambiente urbano, turismo, mobilidade urbana e transportes são identificados na literatura e necessitam de soluções com base em informações robustas e baseadas em ciência. Com 84% da população brasileira vivendo em cidades, a questão da sustentabilidade urbana é central, em termos de disponibilidade de água, energia, alimentos, logística, saneamento, entre outros aspectos essenciais como a saúde.

Em 2016, o Brasil ratificou o compromisso assumido no Acordo de Paris, se comprometendo a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025, e 43% até 2030, em comparação com emissões verificadas em 2005, e eliminar o desmatamento ilegal da Amazônia até 2025. O país também se comprometeu a aumentar a participação da bioenergia na sua matriz energética para 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030, além de uma redução em 10% do consumo de eletricidade (105 TWh em 2030). São metas que exigirão esforços consideráveis da ciência brasileira.

Este Plano Estratégico para o Programa Mudanças Climáticas FAPESP atende aos resultados dos workshops de avaliação e planejamento do PFMCG, do aprendizado acumulado nos primeiros 10 anos do Programa e da participação ativa dos membros do programa em instâncias importantes como o IPCC (Intergovernamental Panel on Climate Change), IPBES (International Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) e COPs (Conference of the Parties da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas), entre outros.

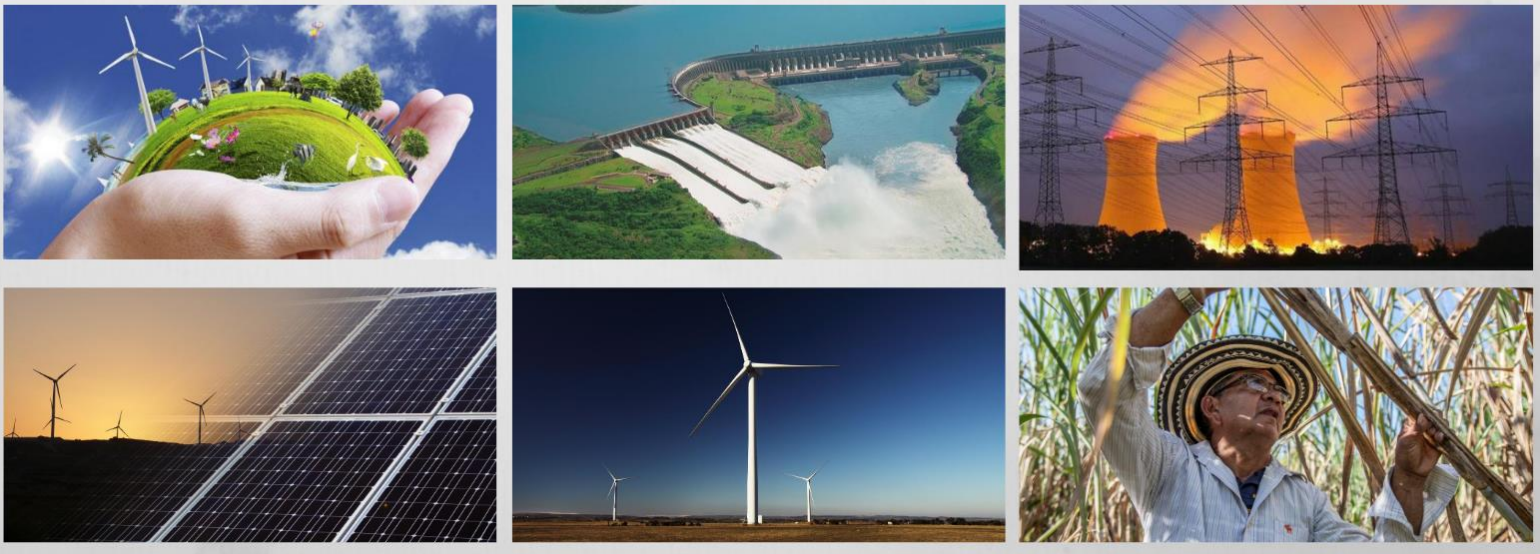
Portanto, os objetivos para a próxima década do PFMCG devem estar voltados às questões contemporâneas, direcionando a ciência produzida de forma a abarcar estratégias

que promovam transformações sociais em busca da sustentabilidade com os menores impactos econômicos e ambientais, de forma rápida e eficiente, focado no contexto brasileiro e baseado em sólidas evidências científicas. Assim, as ações do Programa devem responder aos desafios das mudanças climáticas globais previamente elencadas, através do estímulo à geração do conhecimento para a consolidação de respostas práticas em todos os setores da sociedade brasileira.

POLÍTICA ENERGÉTICA E SOCIOECONOMIA

PLANO CIENTÍFICO MUDANÇAS CLIMÁTICAS

2020 - 2030



1- Política Energética e Socioeconomia

Os desafios científicos e tecnológicos para reduzir emissões e manter o aquecimento global máximo em 1,5 a 2 graus Celsius, como estabelecido pelos países signatários do Acordo de Paris, implicam em grandes transformações nos sistemas sociais, nas questões territoriais e de uso do solo, energia, infraestrutura e política industrial. O Brasil tem importantes vantagens estratégicas na área de energia, pois uma parcela significativa da sua matriz energética vem de fontes renováveis como a hidroeletricidade e biocombustíveis, e possui grande potencial de utilização das energias eólica (onshore e offshore) e solar, além de fontes marinhas como as ondas, marés e gradientes térmicos. Incorporar esse potencial no atual sistema energético nacional requer desenvolvimento de novos modelos de geração, distribuição e tarifação de energia, e incentivos para que o uso de energia renovável seja ampliado, em especial para a eólica e solar. Novas oportunidades de criação de empregos, novos negócios e novas cadeias de suprimento com novas tecnologias poderão surgir. Ao mesmo tempo e na direção oposta há interesse crescente na incorporação de novas parcelas de combustíveis fósseis, especialmente de gás natural e petróleo oriundos da exploração do pré-sal. A aparente contradição entre a evolução para as energias renováveis e a exploração do pré-sal pode ser resolvida através de estratégias de utilização do gás natural como um combustível de transição, possibilitando a inserção gradativa de grandes blocos de energia intermitente, além da oportunidade de armazenamento de CO_2 e/ou sua posterior utilização. São necessários esforços para melhor compreensão dos impactos de mudanças em tecnologias e políticas energéticas no que se refere a maior resiliência da economia brasileira e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões nacionais dos gases de efeito estufa.

Nesta temática, podemos elencar quatro tópicos de pesquisa relevantes ao desenvolvimento científico e tecnológico: novas tecnologias, infraestrutura física, infraestrutura institucional regulatória, como novos modelos e processos de gestão e questões socioeconômicas. As pesquisas assim direcionadas visam responder aos desafios de mitigar emissões e adaptar nossa sociedade às mudanças climáticas, aumentando a resiliência da sociedade e economia nacional.

(i) Novas tecnologias - Embora exista e seja necessário um contínuo interesse no desenvolvimento de tecnologias para promover uma transição para uma economia de baixo carbono, esse não tem sido o fator mais limitante para o Brasil. O país tem capacidade para exportar algumas dessas soluções tecnológicas, como os biocombustíveis. O compromisso

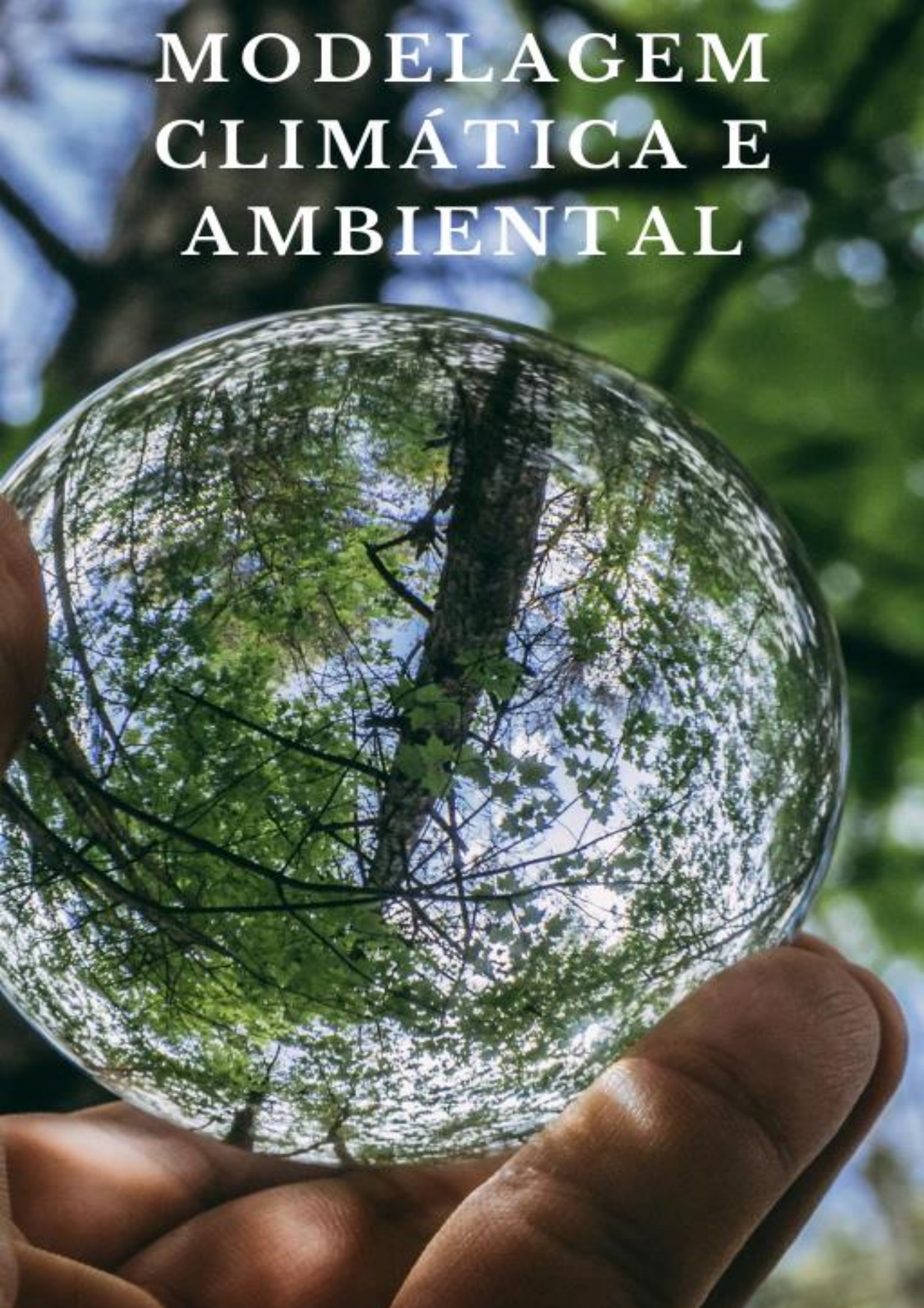
energético brasileiro em nossa NDC (Nationally Determined Contributions, ou Contribuições Nacionalmente Determinadas) não implica em esforços significativos em pesquisa e desenvolvimento, e sim em desafios de difusão de tecnologias através de políticas públicas, instrumentos de mercado e regulação. Já existem tecnologias mais limpas e eficientes comercialmente disponíveis, inclusive aqui no Brasil, tais como campos de painéis solares e eólicos que dão um ganho adicional para os agricultores, associado a produção de energia. Entretanto, a integração entre tecnologias de redes, telecomunicação, sistemas de transportes, confiabilidade e estabilidade desses sistemas e capacidade de respostas rápidas frente a eventos climáticos extremos são áreas que merecem atenção. O impacto socioeconômico dessas soluções para os consumidores brasileiros também deve ser objeto de atenção.

(ii) Infraestrutura física - A infraestrutura energética do país foi planejada e construída basicamente a partir da década de 70. Grande parte dessa infraestrutura está no final da sua vida útil, o que torna difícil acomodar novas tecnologias, e não apresenta resiliência para enfrentar recorrentes estresses de eventos climáticos extremos. Há necessidade de adaptar e inovar não só os sistemas de geração, transporte e distribuição de energia, mas também, e principalmente, a infraestrutura de consumo de energia (malha viária, prédios, equipamentos consumidores de água e energia, veículos, planejamento urbano etc.). O Mudanças Climáticas FAPESP deverá fomentar e estimular pesquisas que avancem na integração e remodelação nas diversas áreas, principalmente das engenharias e arquitetura para oferecer soluções e planejar a transição dessa infraestrutura, considerando os impactos socioeconômicos, em uma visão abrangente envolvendo diversos setores.

(iii) Infraestrutura organizacional, institucional e regulatória - A transição para uma economia de baixo carbono e maior participação de novas tecnologias energéticas necessitam de reformas profundas no ambiente regulatório e institucional para sua disseminação na escala necessária a custos compatíveis com a renda dos brasileiros. Tecnologias digitais possuem a capacidade de introduzirem novos modelos de negócios, incorporar e integrar novos agentes econômicos. Elas possibilitam a integração de setores econômicos como o de transportes, habitação, comunicações, apresentando desafios significativos e que necessitam de investigação, avaliação de impactos e planejamento. Para isso, as instituições e sua regulação técnica e econômica necessitam ser revistas e reformadas à luz dessas transformações para que os benefícios das tecnologias possam ser disseminados e cumprir sua função dentro das estratégias de mitigação e adaptação. Uma visão realista da perspectiva energética para os próximos anos deve levar em conta que a exploração de petróleo e gás natural continuam a acontecer, mas que devem atender a uma estratégia de transição energética para uma economia de baixo carbono.

(iv) A dimensão humana - Um elemento chave das transformações necessárias é melhorar o entendimento dos brasileiros em relação às mudanças climáticas, bem como sobre os efeitos do comportamento de cada indivíduo sobre o meio ambiente. Importante esclarecer o papel dos cidadãos como parte das estratégias de mitigação e adaptação. É fundamental que o conhecimento científico ampare e aprimore os processos participativos e a inclusão da sociedade na tomada de decisão. O Mudanças Climáticas FAPESP irá contemplar ações de difusão científica orientadas a alterar hábitos arraigados e produzir comportamentos sociais mais sustentáveis. A melhor consciência dos comportamentos deve melhorar o comportamento social, econômico e político dos cidadãos em relação ao seu ambiente.

MODELAGEM CLIMÁTICA E AMBIENTAL



2- Modelagem Climática e Ambiental

A modelagem do sistema climático terrestre é essencial tanto para estimar as condições climáticas e ambientais em suas diversas escalas de variabilidade espaço-temporal, quanto como uma ferramenta de aperfeiçoamento das ações de adaptação às mudanças climáticas no Brasil. Importantes setores socioeconômicos nacionais têm forte dependência da informação meteorológica e climática, dentre eles os da agropecuária, saúde pública, geração de energia, transportes, infraestrutura, entre outros. O planejamento e a operação nestes setores são particularmente sensíveis à previsibilidade meteorológica e climática, desde a escala de curto e médio prazos, até a sazonal, interanual e decenal. Diante do aumento de eventos climáticos extremos e da dependência socioeconômica ao clima, a qualidade da informação da previsibilidade atmosférica e dos oceanos nas menores escalas temporais será cada vez mais importante. Na medida em que as ações de adaptação às mudanças climáticas são implementadas por medidas estruturais de alto investimento financeiro, por exemplo, na ampliação da oferta hídrico-energética, o aperfeiçoamento da previsão das condições atmosféricas eleva a qualidade da informação com redução da margem de risco na tomada de decisão. A modelagem ambiental é ferramenta essencial para estudar como os ecossistemas estão reagindo às mudanças climáticas, e identificar processos chaves para a preservação dos ecossistemas. Isso inclui modelagem que leve em conta condições da realidade social e inequidades entre setores da sociedade, assim como direitos humanos e integridade territorial de populações indígenas e rurais. Entender as mudanças climáticas no vasto oceano que nos cerca e seus impactos no Brasil é tarefa complexa e importante devido à nossa extensa área costeira.

Como meta de pesquisa, o Mudanças Climáticas FAPESP deve fomentar investigações que foquem na redução da incerteza da previsibilidade climática em distintas escalas temporais, bem como no aprimoramento de modelos numéricos de tempo e clima e no uso de técnicas de análise de resultados de modelos e grandes volumes de dados, como por exemplo, a partir do uso de inteligência artificial, redes neurais, redes complexas e outras, de modo que contribua estrategicamente para o aperfeiçoamento na tomada de decisões no Brasil. O clima tropical tem características próprias nem sempre bem representadas em modelos globais. A chuva é a grande incerteza desses modelos especificamente no caso das grandes acumulações ligadas a enchentes e alagamentos. As atividades humanas atingem diretamente a qualidade do ar. Emissões associadas a queimadas e as diversas atividades de transporte e das indústrias alteram a composição físico-química do ar e afetam o balanço de radiação tanto na atmosfera como na superfície terrestre, afetando a vida em geral e os

ecossistemas em particular. A alteração do balanço de radiação pelos aerossóis atmosféricos tem impacto também na formação de chuvas e, portanto, uma visão integrada de previsão ambiental deve ser buscada. Entre as prioridades podemos citar:

i) Aperfeiçoamento dos modelos numéricos de tempo e clima, por meio do avanço da representação de processos em modelos físicos e estatísticos, nas suas distintas frequências e escalas de manifestação. Apoiar iniciativas que visem o uso de técnicas avançadas de análises de grandes volumes de dados, tais como redes complexas, inteligência artificial e outras. Em especial, visamos a melhor previsão dos eventos meteorológicos extremos em diferentes escalas espaciais e temporais e as tendências de mudanças para minimizar seus impactos socioeconômicos.

ii) Agregação das informações relativas à meteorologia, oceanografia e qualidade do ar das diversas fontes disponíveis, sejam governamentais ou privadas, em bancos de dados para estudos diagnósticos e para a melhorar a descrição do estado da atmosfera e do oceano Atlântico e permitir previsões fundamentadas em dados os mais completos possíveis. Regiões com dados esparsos devem ter seu estado definido em conjunto com dados de sensoriamento remoto para permitir um detalhamento até hoje inédito;

iii) Utilização de grandes conjuntos de informações de dados instrumentais e de registros meteorológicos/geológicos/oceanográficos do sistema terrestre natural, desde escalas de tempo a mais longo prazo, bem como de alta frequência no contexto da ciência dos dados e de métodos de inteligência artificial e aprendizado de máquinas. Isso visa conhecer novos padrões do clima e de episódios históricos do sistema climático, como meio de amparar o aperfeiçoamento de modelos meteorológicos e climáticos;

iv) Monitoramento contínuo com coleta de dados e estudos dos principais biomas do Brasil integrando modelagem e observação direta. Desenvolvimento de ferramentas que conectem essas observações aos modelos. A modelagem para cada bioma deve ser desenvolvida levando em conta todas as escalas temporais e espaciais. A integração do conhecimento ganho com modelos de alta resolução e observações devem contribuir para o aprimoramento dos processos de tomada de decisões;

v) Disponibilizar resultados dos modelos climáticos aos tomadores de decisão, cientistas de várias áreas como usuários finais e ao público em geral, com a criação de plataformas de fácil acesso aos resultados dos modelos. Disponibilizar informações à sociedade de maneira fácil e transparente é estratégico ao PFMCG.

A modelagem do Sistema Terrestre, envolve a dinâmica entre sistemas naturais e humanos, considerando questões ambientais e sociais das mudanças climáticas globais,

incluindo impactos econômicos, sustentabilidade, vulnerabilidade e riscos, elaborando diagnósticos, assim como elaboração de cenários futuros das interações socioambientais e respostas no ambiente físico. Esta ação visa integrar e organizar elementos territoriais (agricultura, unidades de conservação da biodiversidade, áreas urbanas, áreas indígenas), com o uso sustentável dos ecossistemas, preservando a biodiversidade. Essa demanda terá uma atuação transversal do Mudanças Climáticas associado ao BIOTA, BIOEN e e-SCIENCE.

Amazônia

Cerrado

Caatinga

Pantanal

Mata Atlântica

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

BIODIVERSIDADE E ECOSSISTEMAS

PLANO ESTRATEGICO 2020 - 2030

3- Biodiversidade e Ecossistemas

O funcionamento de nossos ecossistemas está sendo fortemente afetado pelas mudanças climáticas não somente aquelas no nível global, mas também as regionais e até mesmo as locais. Entretanto, ainda há incertezas quanto a detecção e atribuição dos efeitos das mudanças climáticas nos ecossistemas tropicais devido à escassez de dados históricos e monitoramentos de longo prazo. Nas florestas tropicais, o aumento da produção de biomassa, mortalidade das árvores, alterações na distribuição e abundância de espécies, incêndios estão entre as mudanças relacionadas à elevação de CO_2 atmosférico. Nos oceanos, nosso conhecimento é ainda mais restrito em decorrência das especificidades dos estudos nesse ambiente. Entretanto, precisamos estender nosso conhecimento da generalidade de tais padrões e do potencial impacto nos processos ecossistêmicos e suas consequências para a biota. Modelos de distribuição preditiva e estudos filogeográficos indicam redução geral nas faixas de distribuição de espécies para qualquer cenário futuro de aquecimento, e os modelos de risco de extinção mostram uma perda sem precedentes de biodiversidade de espécies, mesmo para os cenários mais amenos de aquecimento (*IPBES 2019*). No ambiente marinho, o aquecimento da água tem promovido a migração de espécies e estoques pesqueiros para maiores latitudes.

Considerando os efeitos sinérgicos da mudança do uso do solo, do desmatamento (perda de vegetação nativa em grande escala para a agricultura e pecuária, mineração, e outras atividades antropogênicas) e o elevado grau de fragmentação e degradação da maior parte dos biomas brasileiros, a vulnerabilidade da nossa biota e ecossistemas aumenta exponencialmente, ameaçando a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos associados. Os impactos das emissões de queimadas sobre o ecossistema e a saúde da população são fortes e precisam ser integrados nas políticas públicas. Os cenários de mudança climática, ao expor a um grande risco os serviços ecossistêmicos, afetam especialmente a produção agrícola e a pesca e, em última instância, o bem-estar humano.

Portanto, para melhorar nossa detecção e atribuição dos efeitos das mudanças climáticas na biodiversidade e ecossistemas brasileiros, considerando, do seu funcionamento ao serviços ecossistêmicos relacionados, e antever respostas a cenários futuros de aquecimento, prevendo e sugerindo medidas de mitigação e adaptação e procedimentos de remediação, o Mudanças Climáticas FAPESP apoiará pesquisas sobre efeitos às mudanças do clima na biodiversidade em três níveis organizacionais: espécies, ecossistemas e biomas ou ecorregiões, além de diferentes arranjos institucionais e de propriedade, tais como áreas indígenas, áreas protegidas, áreas privadas, etc. Espera-se, com isso, que as pesquisas

integrem campos de conhecimento, transcendendo os tradicionais linhas de investigação, combinando informações derivadas de séries de dados de longa duração, experimentos e modelagem. Essa demanda terá uma atuação transversal do PFMCG junto aos programas FAPESP de Pesquisa em Biodiversidade (BIOTA) e em e-SCIENCE.

As pesquisas do PFMCG devem ser focadas na interação entre biodiversidade, clima e desenvolvimento socioeconômico, principalmente dentro dos tópicos abaixo relacionados:

(i) **Detecção de tendências e alterações na biota e sua atribuição às mudanças climáticas**. Os sistemas de monitoramento de longo prazo da nossa biota e biomas em diferentes escalas (e.g. Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – PELD, dados históricos, representados principalmente por coleções biológicas como herbários, museus) e programas avaliando a reconstituição de mudanças de vegetação a partir de registros polínicos são essenciais para a detecção e previsão de efeitos das mudanças do clima nas espécies em nosso país mega diverso. Esse grande volume de informações deve ser resgatado, analisado e sintetizado buscando oferecer evidências de como a biota e ecossistemas brasileiros estão respondendo às mudanças climáticas. Tem-se como meta avaliar tendências, mudanças e identificar atribuições, e oferecer medidas de mitigação, adaptação e remediação para diferentes setores da sociedade.

(ii) **Modelagem de respostas de espécies aos ecossistemas às mudanças climáticas.** Buscar métodos do estado da arte para modelar cenários e construir predições robustas em relação às respostas das espécies às mudanças do clima global, regional e local. Esses modelos devem considerar a filogenia, o nicho temporal das espécies (por exemplo, nicho reprodutivo) e os limites biológicos para distribuição e dispersão. Considerar ainda diferentes biomas e ecorregiões incluídos no território brasileiro e suas características específicas para prever os efeitos das mudanças globais e ameaças atuais e futuras. Informações derivadas de experimentos em laboratório e campo são elementos importantes para alimentar e calibrar os modelos. Esses modelos serão de fundamental importância para definir de prioridades na conservação da biodiversidade até medidas de adaptação e manejo sustentado.

(iii) **Eventos extremos** - O aumento na ocorrência e frequência de eventos meteorológicos extremos como fortes tempestades, ciclones mais intensos, ondas de calor, e secas extremas são projeções associadas à diversos cenários de aquecimento global. Eventos meteorológicos extremos afetam a dinâmica dos ecossistemas, e as respostas de espécies. Populações mais ou menos sensíveis podem apresentar falha na reprodução e mortalidade, levando a extinções locais e perdas na biodiversidade.

(v) **Restauração ecológica e regeneração assistida** são ferramentas com alto potencial de mitigação e adaptação, integrando redução de emissões com a manutenção da biodiversidade. Esta atividade pertence à Adaptação Ecossistêmica (EbA), uma prática que promove a adaptação às mudanças climáticas com base na conservação e restauração de

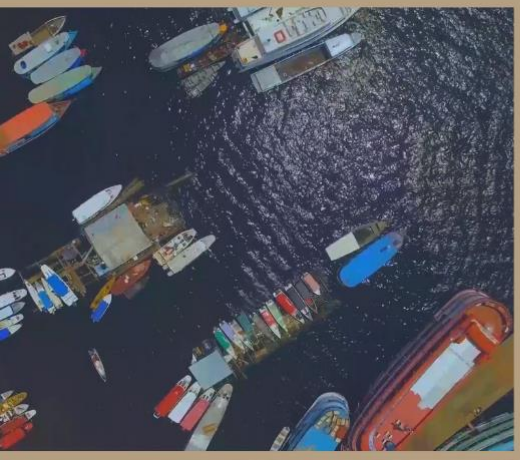
áreas naturais, buscando adicionalmente promover a redução da pobreza e a melhoria do bem-estar humano.

(vi) **Serviços ecossistêmicos** - as mudanças climáticas afetam fortemente os serviços ecossistêmicos, conforme descrito nos últimos relatórios do IPBES, BPBES e IPCC. O Mudanças Climáticas FAPESP deve promover o estímulo a pesquisas sobre perda de polinizadores ou interações, cenários alternativos da paisagem para aumentar a biodiversidade de polinizadores e produção agrícola incluindo: valoração dos sistemas agroflorestais, agroecossistemas e inclusão e valorização das culturas locais no contexto dos serviços ecossistêmicos e soluções baseadas na natureza. Nos ecossistemas marinhos é importante trabalhar na manutenção dos serviços prestados pelos oceanos na provisão de alimento (pesca e aquicultura), biotecnologia, lazer e recreação.

PLANO CIENTÍFICO
MUDANÇAS CLIMÁTICAS

MUDANÇAS DE USO DO SOLO E AGROPECUÁRIA

2020 - 2030



4- Mudanças de Uso do Solo e Agropecuária

Dois dos setores que lideram as emissões de gases de efeito estufa no Brasil são a mudança de uso do solo e a agropecuária. A competição entre preservação de florestas e a produção de alimentos e biocombustíveis é discutida em detalhes no relatório especial do IPCC sobre mudança climática e terra (IPCC SRCCL 2019). O Brasil, com um forte agronegócio e taxas altas de desmatamento da Amazônia e Cerrado, está no centro desta questão. O clima é um fator significante na produtividade agrícola, temos um potencial de perdas de produtividade agrícola devido às alterações no regime de chuvas e aumento de temperatura.

As implicações para o manejo e renda de propriedades agrícolas dependem de combinações de adaptações incrementais (agricultura de precisão, sensoriamento remoto etc.), adaptação sistêmica (conservação de solo e água, diversidade genética etc.) e adaptações transformativas (sistemas agrícolas complexos, agroecologia, agroflorestal etc.). Em todos os casos, efeitos benéficos ou deletérios podem existir, o que requer estudos comparativos em várias escalas. Um dos desafios é desenvolver uma agricultura mais eficiente e resiliente, reduzindo drasticamente novas expansões sobre áreas de vegetação nativa, como a Amazônia e o Cerrado, e ao mesmo tempo reduzir emissões. Ações para a redução das emissões do óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4) no setor agropecuário é central.

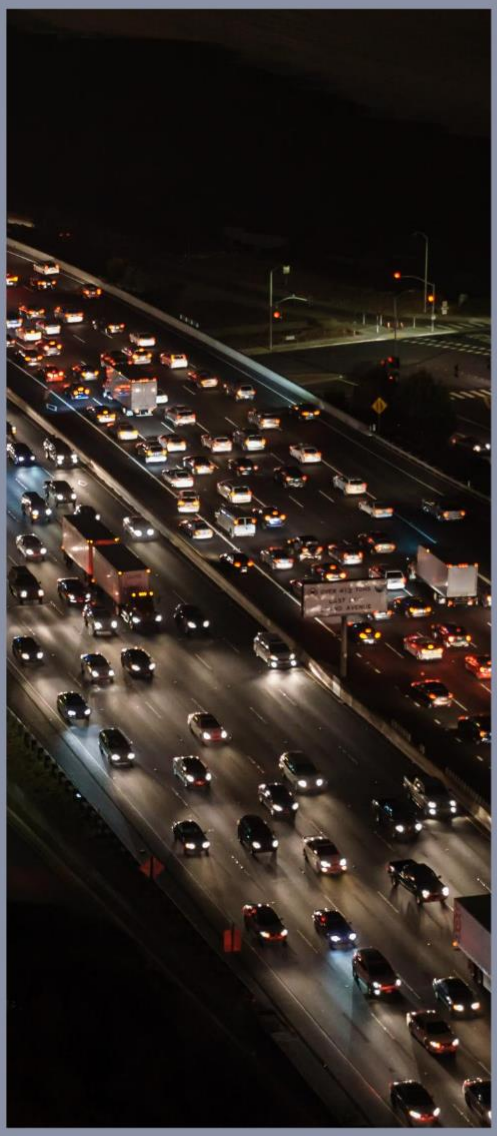
O Mudanças Climáticas FAPESP, em sua próxima fase, deve contemplar pesquisas interdisciplinares com as temáticas apresentadas anteriormente, ressaltando os aspectos da busca integrada do equilíbrio em relação à produção agropecuária e conservação ambiental. O Programa terá como objetivo, nesse quesito, o fomento a pesquisas para manter a alta produtividade agrícola brasileira em um clima em mudança. Isso inclui avaliação da resiliência, da plasticidade e da capacidade de coexistência entre ecossistemas nativos e de sistemas de produção agropecuários e florestais. As pesquisas devem buscar:

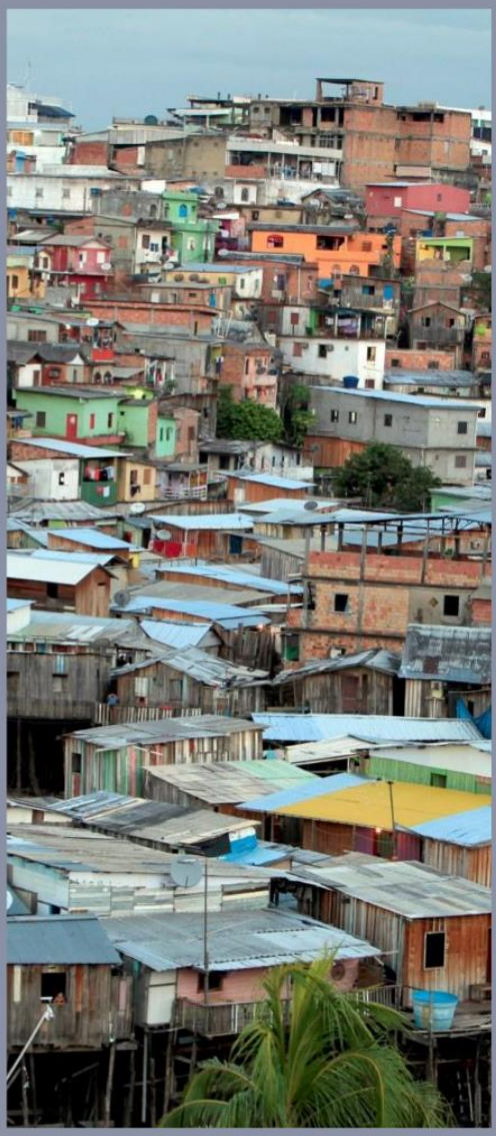
(i) novas tecnologias, como a biologia avançada e as tecnologias digitais, que melhor conservam os recursos naturais, como solo e água, e a biodiversidade para aumentar a eficiência de uso de recursos/insumos, ampliando a produtividade agropecuária;

(ii) desenvolvimento de sistemas avançados de apoio à tomada de decisão, incluindo modelagem numérica de tempo, clima e ambiental, plataformas avançadas de informação, e integração da modelagem biofísica aos modelos socioeconômicos;

(iii) Métodos avançados de implementação de novas tecnologias visando o incremento da produtividade agropecuária com melhores práticas de manejo do solo e da produção, visando a agricultura de baixo carbono;

(iv) Analisar a evolução dos padrões de uso do solo, incluindo padrões de desmatamento, recuperação e regeneração de ecossistemas naturais, com a produção de indicadores considerando impactos socioambientais do setor, oportunidades de adaptação da produção agropecuária e verificando o cumprimento das NDC do Acordo de Paris.





URBANIZAÇÃO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

PLANO CIENTÍFICO MUDANÇAS CLIMÁTICAS
2020 - 2030

5- Urbanização e Mudanças Climáticas

O Brasil é uma sociedade urbana, com cerca de 84% da população vivendo nas cidades. Portanto, as estratégias de mitigação e adaptação devem levar em conta aspectos como habitabilidade, conforto térmico, saúde, mobilidade e planejamento urbano. As pequenas e médias cidades também têm importante papel nesta questão por intermediar populações rurais e os grandes centros.

Nas áreas urbanas, o uso do solo e as emissões antropogênicas de gases e partículas alteram o clima local. Em São Paulo, por exemplo, há um padrão de aquecimento urbano (ilha de calor) de cerca de 3ºC na média anual. Essas condições de temperatura aumentaram a ocorrência de condições fora do limiar de conforto, agravados pelos episódios de onda de calor e chuvas extremas no verão. O número de pessoas vulneráveis às consequências das ondas de calor e chuvas extremas aumentou significativamente no Brasil e no planeta como um todo. A poluição do ar nas grandes cidades pela frota veicular e emissões industriais trazem impactos na saúde da população. A redução de emissões de gases de efeito estufa também reduziria os níveis de poluentes atmosféricos em áreas urbanas em efeito sinérgico com o aquecimento global. Buscam-se mudanças profundas na mobilidade urbana como viagens intermodais, corredores de ônibus de baixas emissões, sistemas de transportes de massa extensos, veículos elétricos, compartilhamento de veículos etc.

As ações prioritárias para as áreas urbanas que serão estimuladas pelo PFPMCG podem ser listadas:

i) Soluções para a mobilidade urbana nas grandes e médias cidades, visando reduzir emissões de GEE e de poluentes atmosféricos, protegendo a saúde da população.

ii) Conhecimentos para atualização do Plano Diretor Estratégico Urbano, leis de uso e ocupação do solo e códigos de obras focado em cidades sustentáveis e mais resilientes;

iii) Sistemas inteligentes integrados que conciliem na infraestrutura das cidades o clima, uso de energia, transporte, edificações, logística de distribuição de alimentos e bens;

iv) Segurança hídrica nos grandes centros urbanos com uso e reuso da água, além do fornecimento de água com qualidade;

v) Redução da poluição do ar nos grandes centros urbanos, em particular os gases e partículas que tem atuação climática, como ozônio, metano, compostos orgânicos voláteis (VOCs), aerossóis, black carbon e outros.

vi) Pesquisas em ecologia urbana: como o aquecimento global está afetando a população, sua saúde e o bem-estar das pessoas e levantamento dos serviços ambientais fornecidos pela biota urbana;

vii) Desenvolver processos de gestão de resíduos sólidos e líquidos urbanos e industriais nas grandes cidades, como oportunidade de criação de empregos para pessoas com baixa qualificação.

Saúde e Mudanças Climáticas

Plano Estratégico 2020 - 2030

6 - Saúde e Mudanças Climáticas

O desenvolvimento de estudos e pesquisas na área de mudanças climáticas e saúde é um grande desafio para a comunidade científica, pois o Brasil apresenta uma complexa heterogeneidade nas suas regiões, com diversificada distribuição espacial e temporal de determinadas doenças e grande diversidade social, cultural, ecológica e climática que interferem diretamente na resiliência individual e coletiva das populações expostas às mudanças climáticas. Os impactos na saúde resultantes das alterações climáticas globais dependerão do estado geral de saúde das populações expostas que, por sua vez, dependem de condições dos determinantes sociais da saúde como a cobertura de saúde universal, a governança socioambiental, políticas públicas e os rumos do modelo de desenvolvimento do país. O clima tropical e as alterações ecossistêmicas favorecem o desenvolvimento de patógenos.

O Brasil apresenta grande diversidade de animais silvestres que, por sua vez, albergam múltiplos e diferentes microrganismos, muitos destes considerados agentes etiológicos de doenças, tanto para os animais quanto para o homem. Como parte do ciclo de transmissão de inúmeros parasitos, a saúde humana está intimamente ligada à saúde dos animais silvestres. As alterações ambientais, incluindo as mudanças climáticas e a perda da biodiversidade, são fatores determinantes para a emergência de doenças oriundas de animais silvestres. Em geral, doenças infecciosas crescem em incidência com maiores temperaturas. Os ecossistemas preservados e em equilíbrio têm um papel importante para a dinâmica e controle de doenças zoonóticas e infecções transmitidas por vetores.

Estima-se que mais de 60% das doenças infecciosas circulem entre animais e humanos (zoonoses), e que 72% destas sejam causadas por patógenos com origem na vida silvestre (Jones et al., 2008). As mudanças ambientais globais têm consequências diretas para o avanço dos patógenos que geram impactos tanto para a saúde pública quanto para a conservação de fauna. Dentre eles, classicamente podem ser apontados os agentes etiológicos que causam malária, febre amarela, tuberculose, toxoplasmose, leptospirose, febres hemorrágicas, raiva, brucelose, doença de Chagas, oropouche, Mayaro, ebola, SARS-CoV-2 e outros coronavírus. Temos também, descobertas recentes, como a variedade daqueles que causam hantavirose, arenavirose, febre Q, as influenzas, vírus do oeste do Nilo, entre tantos outros. As doenças arbovirais, como Dengue, Zika, Febre Chikungunya e Febre Amarela, são as principais ameaças das mudanças globais à saúde pública. Esses agentes patogênicos, entre outros, provocam impactos importantes na saúde e socioeconomia, e são fonte crescente de interesse científico.

Mudanças de uso do solo e alterações na precipitação e aumento de temperatura estão alterando a migração de mosquitos, e facilitando a propagação das chamadas doenças tropicais negligenciadas. O precário sistema de saúde no interior do Brasil faz com que o acesso a tratamentos pela população de baixa renda seja difícil, aumentado a mortalidade destas doenças. A transmissão de doenças associadas aos vetores por mosquitos como *Aedes, Culex, Anopheles* e outros são influenciados pelo ciclo hidrológico e temperatura, que estão mudando em praticamente todo o território nacional.

A queima de biomassa decorrente do desmatamento e de práticas agrícolas fazem com que os níveis de poluição do ar em áreas remotas tragam significativos efeitos para a saúde pública da região, com a agravamento das doenças respiratórias, principalmente para as crianças, idosos e aqueles com enfermidades pregressas, o que aumenta o risco de hospitalização e mortalidade na região por doenças respiratórias, agravando o cenário devido à falta de acesso à serviços de saúde.

O conceito One World, One Health da Organização Mundial da Saúde (OMS) liga políticas de saúde humana, animal e ambiental. Tem o objetivo de ampliar a visão e as ações para o enfrentamento dos desafios da prevenção de epidemias e epizootias e manutenção da integridade ecossistêmica em benefício humano e da biodiversidade que os suportam. A pandemia do COVID-19 causada pelo coronavírus SARS-CoV-2 mostrou a relevância dessa abordagem. A manutenção do equilíbrio climático é chave neste conceito.

As ações prioritárias para a questão da saúde que serão estimuladas pelo PFPMCG podem ser listadas:

i) Investigações sobre os impactos das mudanças climáticas em doenças transmitidas por vetores e na interface entre vírus e bactérias constritas nos ecossistemas naturais e sua possível disseminação em nossa sociedade.

ii) Investigar a propagação de doenças como malária, dengue, Chikungunya, febre amarela e cólera, e sua possível associação com mudanças climáticas e aspectos socioeconômicos.

iii) Investigar os impactos na saúde da poluição do ar urbana, em particular os agentes com maior impacto na saúde: partículas ultrafinas de aerossóis, monóxido de carbono e ozônio.

iv) Investigar o impacto de emissões de queimadas associados ao desmatamento na Amazônia e cerrado na saúde da população.

v) Investigar o papel de eventos climáticos extremos como ondas de calor e redução de disponibilidade hídrica na mortalidade e morbidade, com prioridade para grupos mais vulneráveis como idosos, crianças e gestantes.

vi) Investigar a poluição hídrica e seus impactos na população e monitorar a implementação de ações de saneamento básico na melhora da qualidade da água em áreas urbanas, bem como em regiões com agricultura intensiva com elevado uso de agrotóxicos.

PLANO ESTRATÉGICO

Dimensões Sociais e Econômicas

2020 - 2030

7 – Dimensões Sociais e Econômicas

As dimensões sociais e econômicas são transversais e dão aporte a todos os demais temas do FAPESP Mudanças Climáticas. Porém, estas dimensões representam, em si mesmas, um universo de pesquisas básicas e aplicadas de grande relevância para a sociedade. Enquanto avanços significativos têm sido feitos na análise integrada e multi-escalar das relações entre processos sociais e econômicos e mudanças climáticas, estes esforços ainda representam uma fração relativamente pequena das pesquisas dedicadas ao tema. A importância destas dimensões para políticas públicas demanda um salto significativo no avanço de modelos conceituais e analíticos, no desenvolvimento de pesquisas colaborativas e participativas e nas suas aplicações como subsídios em políticas públicas. Modelos econômicos de baixo carbono podem ser geradores de emprego, e as políticas de mitigação não podem deixar de considerar o efeito da geração de empregos para pessoas menos qualificadas e mais vulneráveis. Importante considerar no processo de tomada de decisão sobre os investimentos a precificação do carbono e a escolha das opções que promovam a redução das emissões de GEE nos processos, produtos e serviços.

O impacto socioeconômico da mitigação e adaptação pode ser muito grande, especialmente em países em desenvolvimento. Mas também pode representar novas oportunidades de negócios e de aumento de eficiência energética. É fundamental o papel do setor privado trabalhando junto com a academia e legisladores para minimizar o custo das grandes transformações necessárias em todas as áreas, como energia, edificações, transporte e outros setores. O setor privado é essencial no desenvolvimento de uma economia de baixo carbono. Neste contexto, cinco áreas prioritárias inter-relacionadas, com respectivos temas ilustrativos, são propostas para avançar as pesquisas sobre as dimensões sociais e econômicas das mudanças climáticas. É fundamental nesta área a integração com o Programa FAPESP em Políticas Públicas.

i. Economia das mudanças climáticas

- Aprimorar projeções sobre impacto econômico direto e indireto de diferentes cenários de mudanças climáticas em diferentes setores produtivos
- Analisar o impacto econômico em diferentes níveis de possíveis respostas adaptativas e de mitigação as mudanças climáticas
- Compreensão da contribuição econômica da conservação da natureza para minimizar impactos de mudanças climáticas para a sociedade

- Oportunidades de inovações na economia da biodiversidade em sinergia com adaptação e mitigação das mudanças climáticas
- Desenvolver modelos de economia circular para diferentes setores econômicos

ii. Dinâmicas sociodemográficas, consumo e mudanças climáticas

- Modelagem e projeções de dinâmicas sociodemográficas entre áreas urbanas e rurais e suas implicações para vulnerabilidade a mudanças climáticas
- Análise de mudanças de padrão de consumo relacionado a dieta, energia, materiais e serviços.

iii. Desigualdades e estressores múltiplos

- Análise do impacto cumulativo entre estresse ambiental, desigualdade social e risco a eventos climáticos em diferentes setores da sociedade
- Análise dos impactos de mudanças climáticas sobre serviços ecossistêmicos e seus impactos em diferentes setores da sociedade
- Oportunidades e sinergias para alinhar medidas de mitigação e adaptação a combate à pobreza e desigualdade

iv. Percepção de mudanças e confiança em informações

- Observatório da percepção, conhecimento e narrativas sobre mudanças climáticas no Brasil: documentar ao longo do tempo como pensa, entende, e responde o brasileiro em relação às mudanças climáticas
- Oportunidades para formação de redes de 'cientista cidadão' e de aplicativos para coletar e compartilhar dados e informações sobre mudanças climáticas observadas localmente

v. Governança, ação coletiva e inovações

- Alinhamento entre políticas públicas municipais, estaduais e nacionais a metas e acordos internacionais
- Arranjos de governança de recursos transfronteiras, de bacias hidrográficas a biomas internacionais
- Inovações em administração pública e respostas municipais a mudanças climáticas, visando a minimização de custos.
- Pesquisa relacionando as mudanças climáticas aos outros Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS);
- Pesquisas relacionadas ao papel e da contribuição do setor privado na mitigação e adaptação às mudanças climáticas;

- Estudos para melhor entendimento do papel e comportamento do terceiro setor, Organizações Não-Governamentais (ONGs) e sociedade civil no enfrentamento das questões climáticas e na formulação de políticas públicas efetivas.

8 - Considerações Gerais

Para a execução desta extensa agenda científica é importante que o estado de São Paulo disponha de infraestrutura de pesquisa adequada que beneficie a comunidade como um todo. Isso inclui recursos humanos, processamento de alto desempenho, rede de estações meteorológicas e de monitoramento ambiental, embarcações, disponibilidade de dados de sensores remotos, imagens de satélites, resultados de modelagem climática, modelagem de agentes, entre outros. É importante salientar a necessidade de dados de monitoramento ambiental de longo prazo acoplados a dados sociais, econômicos e institucionais. A multi e transdisciplinaridade e o trabalho integrado com os demais programas da FAPESP (BIOTA, BIOEN, e-Science, Políticas Públicas) é essencial para que nossos objetivos sejam atingidos. A integração de nossas atividades com o setor privado é também importante.

Uma questão essencial da ciência contemporânea e futura é como processar e analisar toda essa informação de diferentes fontes e escalas, ou seja, como lidar com o grande volume de dados, denominado de "Big data". A progressiva digitalização da sociedade moderna possibilita a aquisição de grande quantidade de dados e informações. São necessárias metodologias e ferramentas para processamento, análise, compartilhamento e modelagem. Esse esforço possibilita não só maior acesso à informação e conhecimento para otimizar recursos naturais, humanos e econômicos, como também para avaliar os impactos das estratégias adotadas e sua eventual correção. A efetividade de soluções de mitigação de emissões e melhores estratégias de adaptação às mudanças climáticas é dependente do processamento de dados e desenvolvimento de modelos de predição e/ou simulação. Respostas cada vez mais rápidas frente a eventos meteorológicos extremos dependem dessas informações. Essa diretriz deve ser construída através de elo essencial com o Programa FAPESP em e-Science. Vale salientar que o PFMCG preconiza que todos os dados científicos coletados pelos projetos financiados pela FAPESP sejam de domínio público, disponibilizados rapidamente em plataformas de fácil acesso a qualquer usuário, dentro de uma política aberta de disponibilização de dados.

Importante também está o delineamento de estratégias para informar adequadamente a sociedade sobre as Mudanças Climáticas. A divulgação científica e ciência cidadã são estratégias efetivas e já reconhecidas e que serão incentivadas, implementadas e aperfeiçoadas. Divulgar e informar o público sobre o aquecimento global, definir, ilustrar, mostrar as tendências e padrões de dados, explicar os seus efeitos, discutir as informações imprecisas na mídia, e divulgar os resultados das pesquisas apoiadas pelo PFMCG são

prerrogativas desta agenda. Com a divulgação está o apoio e o estímulo à pesquisa e às plataformas para a ciência cidadã, ferramentas de educação para a ciência e o conhecimento.

O plano estratégico do Mudanças Climáticas FAPESP está inserido nas grandes propostas e ações globais e nacionais de sustentabilidade. Suas linhas de ação contemplam os objetivos da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável e são balizadas por estudos globais como os diversos relatórios do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC), as ações propostas pelo IPBES, a Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, e BPBES, a Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos; especialmente focando nas ações transformativas de nossa sociedade. Foram considerados preceitos descritos na nova agenda urbana (UN Habitat) e discussões de fóruns como as COP - Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. O Programa tem como tarefa também auxiliar o país a desenvolver estratégias baseadas em ciência para que o Brasil cumpra suas obrigações internacionais (as NDC - *Nationally Determined Contributions*), associadas ao Acordo de Paris. O auxílio na formulação de políticas públicas baseadas em ciência em todos os níveis (municipal, estadual, nacional e global) é tarefa fundamental do PFMCG. Tarefas complexas que exigirão grande esforço científico da academia trabalhando em parceria com os vários setores da sociedade.

O presente documento foi preparado pela Coordenação do Programa FAPESP de Mudanças Climáticas, composta pelos pesquisadores Paulo Artaxo (IF-USP), Gilberto Jannuzzi (UNICAMP), Patrícia Morellato (UNESP), Jean Ometto (CCST-INPE), Humberto Rocha (IAG-USP) e Reynaldo Victoria (CENA-USP). Agradecemos a contribuição e revisão neste programa dos pesquisadores: Eduardo Brondizio, José Pupim de Oliveira, Sandra Hacon, José Marengo, Alexander Turra, Paulo Moutinho, Pedro Wongtschowski, Marcos Heil Costa, Marta Arretche, Tércio Ambrizzi, Luiz Augusto Toledo Machado, Gilvan Sampaio, Maria Assunção Faus da Silva Dias, Tomas Domingues, Carlos Alfredo Joly, Denise Duarte, Gabriela di Giulio, e Pedro Leite da Silva Dias.

Foram realizados workshops com a comunidade e o presente documento reflete ampla consulta sobre temas prioritários. O documento sumariza os principais objetivos e diretrizes gerais do Programa de Mudanças Climáticas FAPESP para os próximos dez anos (2020-2030), mas não tem a pretensão de esgotar a ampla temática da ciência das mudanças climáticas. Referências e links básicos e sugestões de textos que aprofundam os argumentos apresentados na proposta desta agenda estão listados ao final como referências básicas.

Referências e Links

Acordo de Paris: https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris

Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável: http://www.agenda2030.org.br/sobre/

BPBES – Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos: https://www.bpbes.net.br/en/

Global Burden of Diseases from The Lancet: https://www.thelancet.com/gbd

IPBES 2019. Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. UN-IPBES, https://ipbes.net/ .

International Energy Agency Energy Technology Perspectives 2017: Catalyzing Energy Technology Transformations: https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2017.

IPCC AR5 Synthesis Report 2014: https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/.

IPCC Report on Global Warming of 1.5 ºC: https://www.ipcc.ch/sr15/

IPCC SRCCL 2019: IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation: https://www.ipcc.ch/srccl/

Lancet Countdown report: https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(19)32596-6/fulltext.

Observatório do Clima: http://www.observatoriodoclima.eco.br/

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável http://www.agenda2030.com.br/ .

Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) - http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/index.php/pt/

Programa FAPESP Mudanças Climáticas: http://www.fapesp.br/pfpmcg/

Setor de clima no Ministério de Ciência Tecnologia e Comunicações MCTIC - https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/index.html

Setor de clima no Ministério do Meio Ambiente MMA: https://www.mma.gov.br/clima.html

UNEP Global Environment Outlook 6 Report - https://www.unenvironment.org/resources/global-environment-outlook-6

WEF 2020: World Economic Forum Global Risks Report 2020: https://www.weforum.org/global-risks/reports