

10. MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPACTOS ECONÔMICOS IDENTIFICADOS E PROJETADOS NO BRASIL

Eduardo Amaral Haddad⁵⁴, Andréa Bento Carvalho⁵⁵,
Jaqueline Coelho Visentin⁵⁴

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas constituem um dos maiores desafios contemporâneos para o desenvolvimento sustentável, exigindo respostas baseadas em evidências científicas e articulações entre diversas disciplinas. Os impactos projetados para o Brasil, um país de dimensões continentais com forte heterogeneidade socioeconômica e ambiental, reforçam a urgência de desenvolver capacidades técnicas e institucionais voltadas à mitigação, adaptação e formulação de políticas climáticas eficazes.

Nesse contexto, duas iniciativas científicas brasileiras vêm desempenhando um papel fundamental: a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede Clima) e o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-MC2). Ambas se consolidaram como plataformas estratégicas de geração e difusão de conhecimento, estruturadas por meio de redes colaborativas e interdisciplinares, envolvendo dezenas de instituições de pesquisa em todas as regiões do país. Com enfoques complementares, essas iniciativas têm contribuído de forma decisiva para a compreensão dos impactos eco-

54 Universidade de São Paulo. USP, São Paulo, SP.

55 Universidade Federal do Rio Grande. FURG, Rio Grande, RS

Autor correspondente: ehaddad@usp.br

nômicos das mudanças climáticas no Brasil e para a formulação de instrumentos de política pública voltados à transição para uma economia de baixo carbono.

Este capítulo sintetiza os avanços científicos produzidos no âmbito da sub-rede Economia da Rede Clima e do subcomponente de economia do INCT-MC2. Apresentamos aqui as metodologias desenvolvidas, os principais resultados obtidos e as implicações para a agenda climática brasileira, com ênfase nos impactos econômicos regionais, nos instrumentos de mitigação, nas vulnerabilidades socioambientais e na construção de políticas públicas baseadas em evidências.

O texto está organizado da seguinte forma: a segunda seção apresenta o papel da ciência econômica nas mudanças climáticas e a contribuição institucional da Rede Clima e do INCT-MC2. A terceira seção detalha as abordagens metodológicas e modelos analíticos utilizados, com ênfase na complementaridade entre simulações preditivas (*ex-ante*) e mensuração empírica (*ex-post*). Em seguida, são discutidos os principais resultados temáticos, organizados em eixos como agricultura, água, energia, emissões e desigualdades regionais, dentre outros. O capítulo se encerra com uma discussão sobre os caminhos futuros para a ciência econômica do clima no Brasil seguida pela conclusão.

O PAPEL DA CIÊNCIA ECONÔMICA NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas não são apenas um fenômeno ambiental: seus efeitos permeiam sistemas econômicos, produtivos e sociais, afetando padrões de consumo, produção, investimentos, comércio e políticas públicas. Como tal, sua análise exige ferramentas que combinem a complexidade física do sistema climático com as estruturas institucionais, tecnológicas e distributivas da economia.

No Brasil, a constituição de redes de pesquisa como a Rede Clima e o INCT-MC2 foi fundamental para estruturar essa resposta integrada. Criada em 2007, a Rede Clima tem por missão gerar e disseminar conhecimento científico sobre as causas e efeitos das mudanças climáticas globais e regionais, promovendo o apoio à diplomacia climática brasileira, à formulação de políticas públicas e à adaptação dos sistemas sociais, econômicos e naturais.

A sub-rede Economia da Rede Clima, coordenada atualmente por Edson Paulo Domingues (UFMG) e Eduardo Haddad (USP), atua desde sua criação na construção de metodologias aplicadas para análise de impactos socioeconômicos, com destaque para modelagem integrada, simulações de políticas de mitigação e avaliação dos efeitos distributivos das mudanças climáticas.

Complementarmente, o INCT-MC2, em sua Fase 2 (2016-2025), desenvolveu um programa estruturado em torno de eixos temáticos com forte articulação interdisciplinar (Marengo et al., 2025). O subcomponente de economia, coordenado por Eduardo Haddad (USP) e José Féres (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA), consolidou-se como centro de excelência metodológica e analítica, desenvolvendo ferramentas robustas para mensuração de impactos econômicos, modelagem de risco e desenho de instrumentos de adaptação e mitigação.

Entre as contribuições mais relevantes das duas redes destacam-se a produção das primeiras estimativas robustas dos impactos econômicos das mudanças climáticas no Brasil com base em modelos de equilíbrio geral computável (EGC), o desenvolvimento de simulações regionais e setoriais para diversos tipos de eventos climáticos extremos, a integração entre ciência econômica e temas como agricultura, disponibilidade hídrica, energia, saúde e demografia, além da formulação de propostas para mercados de carbono, instrumentos de precificação de emissões e medidas de adaptação baseadas em risco.

Essa atuação tem permitido qualificar o debate público, apoiar estratégias nacionais de desenvolvimento sustentável e ampliar a capacidade do Brasil de se posicionar de forma estratégica em negociações internacionais, como no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC).

ABORDAGENS METODOLÓGICAS: DA MODELAGEM ESTRUTURAL ÀS EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

A compreensão dos efeitos econômicos das mudanças climáticas requer a articulação entre diferentes ferramentas analíticas. A sub-rede Economia da Rede Clima e o componente de economia do INCT-MC2 estruturaram suas agendas de pesquisa a partir de dois grandes eixos metodológicos: avaliações *ex-ante*, centradas na modelagem estrutural, e

avaliações ex-post, voltadas à análise empírica com identificação causal. A integração entre esses dois eixos fortaleceu a capacidade de diagnóstico, simulação e desenho de políticas públicas em múltiplas escalas, do local ao global.

Avaliações Ex-Ante: Modelos de Simulação

O eixo de avaliações ex-ante baseou-se na construção de modelos computacionais para antecipar os efeitos econômicos diretos e indiretos das mudanças climáticas. Utilizando estruturas como as matrizes de insumo-produto inter-regionais, modelos de EGC e Modelos Integrados de Avaliação (IAM), foi possível projetar os impactos sobre setores produtivos e regiões específicas, analisar o efeito de políticas de mitigação e adaptação, simular cenários de escassez hídrica, desastres naturais e transformações tecnológicas, bem como estimar os efeitos distributivos e regionais de eventos climáticos e instrumentos econômicos.

Esses modelos foram aplicados a múltiplas escalas: desde a construção de sistemas inter-regionais para os 27 estados brasileiros e os mais de 5500 municípios do país (com a metodologia IIOAS – Interregional Input-Output Adjustment System), até a adaptação das ferramentas para contextos internacionais como Angola, Chile, Colômbia, Egito, Líbano, Marrocos e México⁵⁶. A capacidade de calibrar os modelos com base em

56 Mais detalhes ver: HADDAD, Eduardo A. Trade and Interdependence in Lebanon: An Interregional Input-Output Perspective. *Journal of Development and Economic Policies*, v. 16, n. 1, p. 5–45, 2014.

HADDAD, Eduardo A. et al. The economic impacts of flooding in Egyptian port cities. Policy Paper. PP02/25. Jan, 2025. Disponível em: <https://www.policycenter.ma/publications/economic-impacts-flooding-egyptian-port-cities>.

HADDAD, Eduardo A. et al. Assessing the economic impacts of Al-Haouz earthquake: damages and recovery strategy. 2024.

HADDAD, Eduardo A. et al. Economic impacts of the 2023 earthquake in Morocco. 2024.

HADDAD, Eduardo A. et al. Uneven integration: the case of Angola. 2020. Disponível em: <www.policycenter.ma>.

HADDAD, Eduardo A. et al. Interstate input-output model for Mexico, 2013. Análisis Económico, n. 90, p. 7–43, 2020.

HADDAD, Eduardo A. et al. Interregional Input-Output Matrix for Colombia, 2012. Bogotá: 2016.

HADDAD, Eduardo Amaral; BONET, Jaime; HEWINGS, Geoffrey J. D. The Colombian Economy and Its Regional Structural Challenges: A Linkages Approach.: Springer, 2023.

LEÓN, J. A. et al. Risk caused by the propagation of earthquake losses through the economy. *Nature Communications*, v. 13, n. 1, 1 dez. 2022.

dados escassos ou incompletos, utilizando procedimentos estatísticos e contábeis, representou um diferencial metodológico relevante.

Dentre as inovações, destaca-se a incorporação de módulos específicos para água, agricultura, carbono e energia, como no modelo BMA-RIA-H2O, voltado à avaliação dos efeitos das mudanças climáticas sobre a disponibilidade hídrica nas doze regiões hidrográficas brasileiras.

Avaliações Ex-Post: Identificação Causal e Evidência Empírica

Complementarmente, o eixo *ex-post* mobilizou ferramentas econometrísticas avançadas para mensurar os efeitos observados de eventos climáticos extremos e intervenções públicas sobre variáveis econômicas. Técnicas como Diferenças em Diferenças (DiD), Controle Sintético, Regressão com Descontinuidade e Variáveis Instrumentais foram amplamente utilizadas.

Esse conjunto de métodos permitiu quantificar os impactos de secas, inundações e ondas de calor sobre o Produto Interno Bruto (PIB), o emprego e os preços; avaliar o efeito de políticas públicas de mitigação e regulação ambiental; identificar grupos populacionais e regiões mais vulneráveis às mudanças climáticas; e estimar elasticidades de resposta à escassez de recursos naturais, como a água.

A Integração dos Eixos e a Geração de Evidência para Políticas Públicas

A força analítica das redes de pesquisa reside na integração entre os dois eixos. A articulação entre a capacidade preditiva dos modelos estruturais e o realismo dos dados empíricos permite validar cenários e calibrar modelos com base em evidência observada, incorporar incertezas e riscos à simulação de políticas públicas, traduzir resultados econômicos em estatísticas acionáveis por gestores públicos e diplomatas, e responder a diferentes escalas de tempo e espaço, desde impactos de longo prazo até choques de curta duração.

Esse modelo de ciência aplicada fortalece o papel da economia como elo entre os sistemas naturais e sociais, oferecendo insumos técnicos cruciais para a formulação de estratégias nacionais e subnacionais de transição climática.

IMPACTOS ECONÔMICOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: EVIDÊNCIAS TEMÁTICAS

Os efeitos das mudanças climáticas sobre a economia brasileira são múltiplos e heterogêneos. Diversos estudos desenvolvidos no âmbito da Rede Clima e do INCT-MC2 apontam que os impactos variam significativamente entre setores e regiões, refletindo desigualdades estruturais, padrões de uso da terra, dependência de recursos naturais e vulnerabilidades socioeconômicas. Nesta seção, organizamos os resultados por grandes temas.

Agricultura: Vulnerabilidade e Transformações Produtivas

A agricultura é um dos setores mais expostos aos efeitos das mudanças climáticas no Brasil, tanto por sua relevância econômica quanto pela sua forte dependência de variáveis como temperatura, regime de chuvas e disponibilidade hídrica. Essa vulnerabilidade é acentuada pela estrutura heterogênea do setor, que combina grandes empreendimentos altamente mecanizados com formas tradicionais de agricultura familiar.

Pesquisas recentes (Tanure, 2020; Souza e Haddad, 2022) revelam que os impactos sobre a produtividade agrícola não são uniformes. Regiões como o Norte e o Nordeste, onde predomina a agricultura familiar, tendem a enfrentar perdas mais severas, especialmente em cultivos como mandioca, milho e feijão. Em contrapartida, culturas como a soja e a cana-de-açúcar, com maior capacidade de adaptação tecnológica e infraestrutura de irrigação, demonstram maior resiliência frente às alterações climáticas.

Projeções indicam que, até o final do século, as perdas no PIB relacionadas aos impactos climáticos sobre a agricultura podem variar entre 0,4% e 1,8% ao ano, conforme o cenário de emissões adotado (RCP 2.6 ou RCP 8.5). Os efeitos indiretos, transmitidos pelas cadeias produtivas e pelos vínculos intersetoriais, tendem a amplificar os prejuízos diretos, reforçando a urgência de políticas de adaptação com abordagem sistêmica.

Nesse contexto, Visentin et al. (2025) propuseram uma abordagem integrada para avaliar os efeitos econômicos das secas sobre a agricultura irrigada em cenários de mudanças climáticas. A estrutura combina diferentes modelos (econômico, hidrológico, de EGC e de transferência de risco) para captar desde a sensibilidade da produtividade agrícola

à redução de Água Azul até os efeitos econômicos regionais e os custos de prêmios de seguro climático. Os resultados sugerem que mesmo reduções moderadas na disponibilidade hídrica podem desencadear efeitos em cadeia relevantes, impactando não apenas a produção agropecuária, mas também a segurança alimentar nacional.

Outro aspecto importante no debate sobre resiliência agrícola refere-se ao uso de insumos químicos. Estudo de Rodrigues et al. (2023) investigou a produtividade e os efeitos colaterais do uso de pesticidas no Brasil, aplicando modelos de controle de danos e regressão estatística. Os achados apontam para o uso excessivo desses insumos, com mais de 4.000 municípios aplicando doses acima do nível ótimo já em 2006. Além de gerar ineficiências econômicas, esse padrão intensifica riscos ambientais, como a perda de biodiversidade, a emergência de pragas resistentes e a contaminação de recursos naturais. Tais evidências indicam a necessidade de políticas públicas voltadas ao uso racional de pesticidas e à promoção de alternativas sustentáveis de controle fitossanitário.

Embora a maior parte dos estudos sobre impactos climáticos na agricultura se concentre nas zonas rurais, há uma crescente atenção aos efeitos das mudanças climáticas em contextos urbanos. Pesquisa de Oliveira, Palialol e Pereda (2021) mostra que choques de temperatura afetam negativamente a produtividade do trabalho urbano, medida por salários. Esses achados abrem caminho para novos estudos sobre os impactos econômicos das ondas de calor nas cidades brasileiras, com implicações diretas para a formulação de políticas públicas voltadas à saúde, ao planejamento urbano e à redução das desigualdades socioespaciais.

Água: Escassez, Enchente, Vulnerabilidade e Resiliência

A água ocupa posição estratégica na interface entre clima, economia e sociedade. Entre todos os meios de propagação dos efeitos das mudanças climáticas, é provavelmente o mais imediato e tangível, dada sua centralidade para o bem-estar humano, a produção agrícola, a geração de energia e a manutenção dos ecossistemas. No Brasil, alterações no regime hidrológico já são observadas, e projeções indicam que eventos extremos, tais como secas prolongadas e inundações intensas, devem se tornar mais frequentes e severos ao longo do século XXI.

A escassez hídrica desponta como um dos principais vetores de impacto econômico no contexto das mudanças climáticas. O modelo

BMARIA-H2O, desenvolvido no âmbito do INCT-MC2, simula os efeitos da redução da disponibilidade de água sobre as regiões hidrográficas brasileiras e estima perdas econômicas acumuladas de até R\$ 29,7 bilhões até 2099 em cenários mais críticos. Os efeitos são particularmente intensos nas bacias do Atlântico Nordeste Oriental e Ocidental, Parnaíba e São Francisco, com impactos significativos sobre setores intensivos em água, como agricultura irrigada, pecuária, celulose e papel, além dos próprios serviços de água e esgoto.

Estudos como o de Rocha (2022) indicam que a baixa elasticidade-de-preço da demanda por água dificulta o ajuste espontâneo diante de choques de oferta, transformando a escassez em um gatilho para desequilíbrios econômicos abruptos. A recomendação é clara: fortalecer a governança hídrica, com políticas que combinem infraestrutura, reuso, tecnologias eficientes e mecanismos de precificação justa, como tarifas progressivas e compensações ambientais.

A vulnerabilidade hídrica urbana também exige atenção. No caso da Região Metropolitana de São Paulo, Vieira e Haddad (2020) desenvolveram o índice ponderado de tempo de deslocamento (Weighted TTI), que permite mensurar o impacto de inundações sobre a mobilidade urbana e, por extensão, sobre a produtividade econômica. Combinando dados da plataforma Uber Movement e pesquisas domiciliares de mobilidade, o índice se revela uma ferramenta valiosa para orientar políticas públicas de transporte e adaptação climática em grandes centros urbanos.

Além disso, as interações entre clima, água e produção agrícola são particularmente sensíveis. Simões (2025), por meio de modelos inter-regionais de insumo-produto e equilíbrio geral computável, estimou os impactos econômicos diretos e indiretos das perdas de produtividade agrícola decorrentes de eventos hidrológicos. Seus resultados revelam que perdas diretas de R\$ 8,5 bilhões em culturas como soja, milho e arroz podem desencadear impactos sistêmicos equivalentes a até 0,14% da produção nacional, com multiplicadores médios de 3,5 vezes. Tais efeitos se concentram no interior do país, evidenciando a importância de políticas públicas territoriais e voltadas à resiliência hídrica e produtiva.

Emissões, Consumo e Políticas de Mitigação

O Brasil apresenta uma configuração singular em sua trajetória de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), com forte concentração nos

setores de uso da terra, agropecuária e transportes. Essa composição confere desafios específicos à formulação de políticas de mitigação, que devem considerar não apenas os volumes de emissões, mas também a distribuição setorial e regional dos impactos econômicos associados.

Estudos desenvolvidos nas redes de pesquisa associadas ao INCT-MC2 indicam que há margem para adoção de instrumentos econômicos, tais como mercados de carbono e taxação sobre emissões, como alternativas mais eficientes ao tradicional comando e controle. A tese de Carvalho (2022) demonstra que, para o cumprimento das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) brasileiras, os mecanismos de mercado apresentam menor custo econômico agregado, embora impliquem efeitos distributivos que exigem atenção.

Três cenários de política foram testados: (i) mercado de carbono abrangente, com todos os setores; (ii) mercado restrito a subsetores; e (iii) políticas sem flexibilidade, baseadas em metas compulsórias. Os resultados mostram que o mercado amplo é ambientalmente mais eficaz, mas acarreta maior impacto redistributivo. Já o mercado restrito exige preços de carbono mais elevados, afetando mais intensamente setores como a pecuária e o transporte rodoviário.

Simultaneamente, mudanças demográficas e nos padrões de consumo também interferem na dinâmica de emissões. Pesquisas de Carvalho, Santiago e Perobelli (2017, 2018) e Carvalho et al. (2021) revelam que o envelhecimento populacional e o crescimento da renda tendem a reduzir a intensidade de carbono per capita, embora possam desencadear mudanças setoriais que exigem monitoramento contínuo para compatibilizar crescimento econômico e metas ambientais.

A literatura também tem se voltado à análise dos efeitos distributivos de políticas de precificação do carbono. Moz-Christofeletti e Pereda (2021) avaliaram os impactos socioeconômicos de uma hipotética taxação sobre carbono no Brasil, com base em um modelo híbrido de insumo-produto e um sistema censurado de equações de demanda (QUAIDS). Considerando dois cenários de taxação (USD 40/tCO₂ e USD 80/tCO₂), os resultados indicam que a medida seria eficaz na redução das emissões, com potencial de queda de até 4,2%, mas apresentaria caráter levemente regressivo, mesmo com a aplicação de transferências compensatórias. A perda de bem-estar varia de 0,06% para os domicílios mais ricos até 0,10% para os mais pobres, evidenciando a importância de calibrar as po-

líticas com mecanismos redistributivos que mitiguem seus efeitos adversos sobre a equidade.

A análise histórica das emissões brasileiras, realizada por Albuquerque et al. (2020), reforça a necessidade de ação. O estudo, baseado nos dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), mostra que, após um período de declínio entre 2004 e 2010, as emissões voltaram a crescer, alcançando 2,17 bilhões de toneladas de CO₂e em 2019, um aumento de 9,6% em relação ao ano anterior. O desmatamento foi responsável por 44% do total, seguido pela agropecuária (28%) e pelo setor energético (19%). Os autores destacam a crescente intensidade de carbono da economia brasileira e a dificuldade de cumprimento das metas pactuadas, como as previstas na Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

Nesse contexto, estratégias de eficiência energética se apresentam como alternativas promissoras. Magalhães e Domingues (2016), utilizando um modelo de equilíbrio geral computável, demonstram que políticas de eficiência energética podem conciliar metas ambientais com desenvolvimento econômico e redução de desigualdades. Os resultados apontam ganhos sociais e ambientais simultâneos, reforçando o potencial dessas políticas como parte de uma transição justa para uma economia de baixo carbono.

Complementarmente, Souza, Ribeiro e Perobelli (2016), com base em uma matriz insumo-produto nacional, estimam os efeitos econômicos de diferentes níveis de redução nas emissões. Os resultados indicam que uma queda de 1% nas emissões totais pode gerar uma redução de até 0,60% na produção agregada, dependendo da rigidez das políticas implementadas. Tais achados reforçam a recomendação de políticas setoriais calibradas, capazes de minimizar custos de transição no curto prazo e, ao mesmo tempo, promover transformações estruturais de longo prazo, compatíveis com os compromissos climáticos do Brasil.

Crescimento Regional e Desigualdades

As mudanças climáticas aprofundam desigualdades regionais historicamente consolidadas no Brasil. As regiões Norte e Nordeste desempenham particularmente vulneráveis, tanto pelos impactos diretos sobre setores sensíveis, como a agricultura e os recursos hídricos, quanto pela limitada capacidade de resposta institucional, financeira e tecnológica.

Pesquisas recentes, como as de Tanure (2020) e Rocha (2022), demonstram que eventuais perdas agregadas do PIB nacional podem ser parcialmente compensadas por ganhos em estados do Sul e Sudeste, como São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul. Contudo, esse aparente reequilíbrio mascara perdas severas de bem-estar nas regiões menos desenvolvidas, sugerindo que as mudanças climáticas têm implicações redistributivas relevantes para o território nacional.

Estudo de Sass (2021) evidencia esse tipo de vulnerabilidade no contexto urbano ao avaliar os efeitos das secas sobre a atividade industrial da Região Metropolitana de São Paulo. Combinando um modelo econométrico e um modelo espacial de equilíbrio geral (baseado na estrutura do modelo BMARIA), a autora identifica maior sensibilidade entre setores intensivos em capital e tecnologia, como o químico, o farmacêutico e o eletrônico. A escassez hídrica afeta diretamente a produtividade desses setores, com repercussões negativas sobre a renda e o emprego em municípios metropolitanos, além de impactos indiretos sobre transporte, construção civil e serviços pessoais. A análise por sub-bacia hidrográfica reforça que os prejuízos econômicos são mais intensos onde a disponibilidade hídrica é mais restrita, sublinhando a urgência de estratégias integradas para mitigar riscos climáticos nas áreas urbanas.

A relevância das assimetrias regionais também foi destacada no Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, divulgado em 2014. Em seu capítulo econômico sobre Impactos, Vulnerabilidade e Adaptação, o relatório consolida evidências empíricas da primeira década do século XXI, com base em modelos econométricos, de equilíbrio geral e simulações climáticas do IPCC (2007). A síntese aponta que os efeitos das mudanças climáticas são altamente heterogêneos entre setores e regiões, com a agricultura e a pecuária entre os mais vulneráveis, particularmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Em contraste, a região Sul tende a apresentar ganhos relativos em determinados cenários, com crescimento projetado de até 2% no PIB regional até 2050, além da migração de culturas como café, mandioca e cana-de-açúcar. Esses deslocamentos geoeconômicos também estariam associados ao aumento da pobreza, da migração interna e da concentração econômica no Centro-Sul do país, exigindo respostas políticas pautadas por justiça territorial e social.

Nesse debate, ganha centralidade a discussão sobre o papel dos recursos naturais no desenvolvimento regional. Haddad e Araújo (2025)

oferecem importante contribuição ao quantificar a relevância da economia azul no Brasil, utilizando um modelo interestadual de insumo-produto para mapear interdependências entre regiões costeiras e interiores. Os resultados revelam que, em 2019, as atividades diretamente ligadas à economia do mar representaram 2,91% do PIB nacional e 1,07% do emprego, com destaque para os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo. Quando considerados os efeitos indiretos, esses valores sobem para 6,39% do PIB e 4,45% do emprego, com multiplicadores expressivos para PIB (2,20) e emprego (4,16). O estudo mostra ainda que estados sem litoral, como Minas Gerais, também se beneficiam por meio de vínculos produtivos, ressaltando a importância de políticas inter-regionais coordenadas para o desenvolvimento sustentável da economia costeira.

Diante dessas evidências, as redes de pesquisa recomendam que as políticas públicas de adaptação climática incorporem critérios distributivos, territoriais e intergeracionais. Instrumentos como fundos compensatórios, investimentos direcionados a regiões mais vulneráveis e redes de proteção social resilientes devem ser parte de uma estratégia mais ampla de transição justa, capaz de reduzir as desigualdades agravadas pela crise climática.

Contribuições para a Formulação de Políticas Públicas e a Adaptação Climática

O papel da ciência econômica não se limita à análise de impactos ou à construção de cenários. Uma de suas missões centrais, especialmente em contextos de crise climática, é fornecer subsídios qualificados para a formulação e avaliação de políticas públicas. Tanto a sub-rede Economia da Rede Clima quanto o subcomponente de economia do INCT-MC2 atuaram diretamente nesse sentido, contribuindo para o desenho de instrumentos de mitigação e adaptação, a orientação de políticas setoriais e o apoio técnico à diplomacia climática brasileira.

Desde a ratificação do Acordo de Paris em 2016, o Brasil assumiu compromissos climáticos progressivos por meio de suas NDCs. As metas mais recentes preveem a redução entre 59% e 67% das emissões líquidas de GEE até 2035, em comparação aos níveis de 2005 (BRASIL, 2024). Para que essas metas sejam alcançadas com responsabilidade e eficiência, é indispensável contar com instrumentos analíticos capazes de estimar os custos, benefícios e impactos distributivos das alternativas de política.

Nesse contexto, as redes de pesquisa apoiadas pela ciência climática brasileira têm desempenhado papel fundamental. Estudos conduzidos no âmbito dessas redes exploraram os efeitos econômicos de diferentes formatos de mercados de carbono (Carvalho, 2022), simularam políticas industriais baseadas em tecnologias limpas (Tanure, Porsse e Domingues, 2021), analisaram impactos setoriais de taxações e subsídios ambientais, e avaliaram os efeitos esperados sobre o bem-estar, o emprego e o crescimento econômico.

As simulações realizadas oferecem subsídios valiosos para orientar políticas públicas, ao evidenciar os trade-offs entre sustentabilidade ambiental, justiça social e viabilidade econômica. Ao informar tomadores de decisão sobre os efeitos diferenciados das políticas climáticas, esses estudos promovem maior transparência, previsibilidade e aderência social às medidas adotadas.

Essas evidências reforçam a importância de um desenho institucional cuidadoso para os instrumentos de precificação de carbono. Ao combinar eficiência ambiental com compensações sociais adequadas, é possível avançar em direção a uma transição ecológica que seja também justa e inclusiva.

Reformas Tributárias e Instrumentos Econômicos

Uma frente emergente de pesquisa tem se concentrado na interseção entre política tributária e sustentabilidade ambiental. Iniciado em 2024 com o apoio do Bezos Earth Fund e do Instituto Clima e Sociedade, um novo projeto tem explorado os possíveis efeitos da reforma tributária brasileira sobre o uso da terra, o desmatamento e a alocação setorial de recursos, a partir da lente da transição ecológica. O objetivo é identificar mecanismos que aliem eficiência econômica à justiça ambiental, por meio de instrumentos como incentivos fiscais a setores de baixo carbono, desoneração de tecnologias limpas e penalizações direcionadas a atividades de alta intensidade de carbono ou associadas ao desmatamento.

Essa agenda responde a uma demanda crescente por políticas fiscais que sejam coerentes com as metas climáticas nacionais, ao mesmo tempo em que fortalece o papel da ciência econômica na concepção de instrumentos regulatórios que promovam inovação, transparência e equidade.

Nesse contexto, Araújo e Féres (2024) analisaram os efeitos de uma medida regulatória específica: a revogação, em fevereiro de 2020, da exigência de autorização prévia para exportações de madeira nativa, promovida por despacho interpretativo do Ibama. Com essa mudança, suspenderam-se também as inspeções físicas das cargas destinadas à exportação. Utilizando modelos de regressão com dados em painel, os autores estimaram um aumento de 10,5% no volume exportado de madeira ainda no ano de 2020, mesmo após o controle por preços e mercados de destino. Os resultados sugerem que a flexibilização regulatória pode ter facilitado a intensificação do comércio (possivelmente ilegal) de madeira nativa, com implicações para o desmatamento.

Complementarmente, Haddad et al. (2024) quantificaram os vetores econômicos da pressão sobre a cobertura florestal na Amazônia Legal, com foco nas demandas doméstica, regional e internacional. Utilizando uma matriz inter-regional de insumo-produto desagregada em 27 regiões da Amazônia Legal, combinada a dados setoriais de emissões e desmatamento, o estudo revela que aproximadamente 60% da área desmatada atende à demanda do restante do país, sobretudo do Centro-Sul. A demanda internacional responde por cerca de 23%, enquanto a demanda local representa apenas 17%. A produção de carne bovina aparece como principal responsável pela perda de cobertura vegetal, respondendo por mais de 93% do desmatamento estimado, majoritariamente voltada ao consumo interno. Os autores defendem que políticas fiscais e regulatórias voltadas à rastreabilidade da produção e à indução de mudanças na estrutura da demanda nacional podem ser decisivas para conter o avanço do desmatamento.

No campo dos instrumentos de mercado, Neto e Remígio (2019) analisaram os aspectos legais, tributários e financeiros relacionados às Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil. O estudo mostra que os elevados custos de transação e a indefinição da natureza jurídica das RCEs impõem obstáculos à expansão desses instrumentos. Em particular, os autores destacam que os proponentes frequentemente antecipam a venda de créditos com deságio elevado, diante de incertezas quanto ao recebimento das receitas e às altas taxas de juros cobradas por instituições financeiras. Além disso, a carga tributária incidente sobre a negociação e o recebimento das RCEs contribui para reduzir sua efetividade econômica. Diante desse quadro, os autores recomendam a construção de um mar-

co legal claro, que proporcione segurança jurídica e estabilidade fiscal, como passo essencial para a consolidação de mecanismos de mercado voltados à transição para uma economia de baixo carbono.

Por fim, a análise de Ruggiero et al. (2022) oferece uma perspectiva inovadora sobre os efeitos de incentivos fiscais ecológicos descentralizados. Os autores avaliaram o impacto do ICMS Ecológico – mecanismo de transferência fiscal que recompensa municípios pela manutenção de áreas protegidas – na criação de novas unidades de conservação na Mata Atlântica. Utilizando uma abordagem econométrica de diferenças em diferenças (DiD) com dados de 1.467 municípios entre 1987 e 2016, o estudo identificou efeitos positivos, sobretudo na criação de áreas protegidas menos restritivas e de baixo custo, especialmente quando propostas em nível municipal. Os resultados reforçam o papel potencial de instrumentos fiscais intergovernamentais na indução de comportamentos ambientais desejáveis em contextos subnacionais, desde que desenhados com atenção às capacidades institucionais e aos incentivos locais.

Diplomacia Climática e Negociações Internacionais

As redes de pesquisa também têm atuado como suporte técnico qualificado à presença brasileira em fóruns multilaterais. Os modelos desenvolvidos, especialmente aqueles com detalhamento regional, possibilitam avaliar os efeitos das políticas climáticas internacionais sobre a economia brasileira, antecipando riscos para cadeias produtivas e identificando oportunidades associadas à transição para mercados mais sustentáveis.

Além disso, os dados e evidências gerados pelos pesquisadores têm subsidiado relatórios técnicos, construído posições de negociação e fundamentado argumentos levados aos processos conduzidos pela UNFCCC, ampliando a capacidade estratégica do Brasil na arena diplomática.

A incorporação de ferramentas de modelagem econômica calibradas à realidade brasileira fortalece a legitimidade da participação nacional em negociações internacionais, ao mesmo tempo em que contribui para o alinhamento técnico das decisões internas com os compromissos assumidos no Acordo de Paris.

Nesse contexto, Luedemann, Marengo e Klug (2016) destacam o papel central das cidades como atores estratégicos nos esforços de mitigação e adaptação climática. Os autores analisam a trajetória de polí-

ticas públicas nacionais como o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres e a criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), ambos lançados em 2011, como exemplos de abordagens integradas e multiescalares. Essas iniciativas reforçam a resiliência urbana e fornecem uma base técnica para a atuação internacional do Brasil em temas de adaptação.

A experiência brasileira, nesse sentido, é apontada como referência relevante para países em desenvolvimento, especialmente aqueles com padrões de urbanização semelhantes. O estudo também ressalta o potencial transformador da cooperação internacional entre cidades da América Latina, Ásia e África, espaços nos quais as vulnerabilidades sociais e ambientais se entrelaçam. Essa articulação sul-sul é vista como uma via promissora para fortalecer capacidades locais e construir soluções climáticas centradas na redução de desigualdades.

Integração com o Setor Financeiro e Bancos de Desenvolvimento

Outro avanço relevante tem sido a incorporação de critérios climáticos nos processos de análise de crédito e investimento, em parceria com instituições financeiras públicas como o Banco do Nordeste. Foram desenvolvidas ferramentas para estimar pegadas de carbono, consumo hídrico e intensidade energética por cadeia produtiva, bem como para avaliar riscos climáticos em projetos financiados e integrar critérios ambientais, sociais e de governança (ESG) às decisões financeiras (Haddad et al., 2024d).

Essas inovações respondem diretamente ao Artigo 2.1.c do Acordo de Paris, que prevê a necessidade de alinhar os fluxos financeiros com uma trajetória de desenvolvimento de baixas emissões e resiliência climática. Ao traduzirem os riscos e oportunidades climáticas em métricas operacionais, essas ferramentas aproximam o sistema financeiro dos compromissos de transição ecológica.

Tozato et al. (2019) discutem os desafios metodológicos e institucionais para identificar e rastrear os gastos públicos relacionados ao clima no Brasil, à luz das obrigações assumidas em acordos internacionais como as Ações Nacionalmente Apropriadas de Mitigação (NAMAs) e as NDCs. A partir de uma análise documental e entrevistas com atores-chave, os autores destacam a fragmentação das informações orçamentárias

e a ausência de mecanismos sistemáticos para contabilização de despesas climáticas.

A pesquisa mostra que, embora o país tenha desenvolvido experiências pontuais, como o marcador “Agenda Clima” no Plano Plurianual 2012-2015 e parcerias com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), ainda prevalece a dificuldade de distinguir e qualificar gastos climáticos no orçamento público. Essa limitação compromete a transparência, o planejamento de longo prazo e a consistência das ações climáticas. Os autores também alertam para a coexistência de subsídios a combustíveis fósseis com iniciativas de mitigação, o que pode minar os avanços rumo a uma economia de baixo carbono.

Esse resultado reforça a importância de um sistema de classificação orçamentária que permita identificar ações positivas e negativas para o clima, bem como de marcos regulatórios claros que orientem os investimentos públicos. O fortalecimento da governança fiscal climática é condição essencial para mobilizar recursos de forma coerente com os compromissos nacionais e internacionais.

CAMINHOS PARA O AGORA: INOVAÇÃO, JUSTIÇA CLIMÁTICA E INTEGRAÇÃO INTERDISCIPLINAR

A consolidação da ciência econômica do clima no Brasil nas últimas duas décadas representa uma conquista significativa. No entanto, os desafios futuros exigem avanços ainda mais ambiciosos, tanto do ponto de vista metodológico quanto institucional. As redes de pesquisa têm papel fundamental não apenas na geração de evidências, mas também na articulação entre ciência, política e sociedade. Nesta seção, destacamos três vetores estratégicos para o fortalecimento dessa agenda: inovação metodológica, justiça climática e integração interdisciplinar.

Inovação Metodológica: Dados, Modelos e Tecnologias

O aprofundamento dos impactos climáticos e a complexificação das dinâmicas econômicas exigem o contínuo aprimoramento dos modelos analíticos. Entre as direções prioritárias, destacam-se: a integração multiescalar, com modelos que combinem diferentes níveis geográficos – como municípios, estados, bacias hidrográficas e regiões econômicas

– preservando o detalhamento setorial; a modelagem acoplada, por meio de IAM, que articulam sistemas econômicos, hidrológicos, climáticos e ecológicos – como no modelo BMARIA-H2O e nas simulações desenvolvidas em Visentin et al. (2025), voltadas à formulação de seguros multianuais contra eventos hidrológicos extremos; o uso de *big data* e técnicas de aprendizado de máquina, para enriquecer bancos de dados, detectar padrões não-lineares e melhorar a capacidade preditiva dos modelos; e, por fim, a incorporação explícita de incertezas e riscos, por meio de simulações probabilísticas, cenários estocásticos e análises de sensibilidade, que ampliam a robustez das recomendações para políticas públicas.

Além disso, é fundamental fortalecer e expandir plataformas de dados abertos e ferramentas de simulação acessíveis, capazes de instrumentalizar gestores públicos, formuladores de políticas e organizações da sociedade civil. Democratizar o acesso a essas ferramentas significa ampliar o potencial de resposta da sociedade frente aos desafios climáticos, promovendo a apropriação local da ciência e a construção coletiva de soluções.

O estudo Economia do Clima (Margulis e Dubeux, 2011) desponta como referência nacional no uso de modelagem integrada e multisettorial voltada à análise de impactos econômicos do clima. Em escala internacional, destacam-se iniciativas metodológicas inovadoras como a de León, Haddad e Araújo (2022), que, embora aplicada ao contexto de desastres geológicos e não ao Brasil, apresenta uma estrutura acoplada capaz de capturar os efeitos em cadeia de eventos extremos sobre a economia, revelando potencial de adaptação para cenários climáticos. O uso combinado de modelos inter-regionais multisettoriais e redes complexas de propagação de choques ilustra como abordagens híbridas podem avançar a fronteira do conhecimento e servir de base para medidas adaptativas, como sistemas de seguros e redes de proteção socioeconômica.

Justiça Climática: Desigualdades, Inclusão e Responsabilidades

Os efeitos das mudanças climáticas não são neutros: afetam de maneira desproporcional os mais pobres, as regiões periféricas e grupos historicamente vulnerabilizados. A ciência econômica deve, portanto, contribuir para uma abordagem de justiça climática por meio da análise dos impactos distributivos de políticas climáticas, considerando variáveis como renda, raça, gênero, localização geográfica e acesso a bens públi-

cos; para construção de instrumentos compensatórios, como transferências condicionadas, fundos de adaptação e mecanismos de segurança voltados às populações em risco; e dar atenção à economia informal e às cadeias produtivas locais, frequentemente ausentes nos modelos tradicionais, mas essenciais para a resiliência comunitária.

A incorporação da justiça climática como princípio estruturante amplia a legitimidade das políticas públicas e assegura que a transição para uma economia de baixo carbono ocorra de maneira justa e inclusiva.

Integração Interdisciplinar: Uma Nova Arquitetura da Pesquisa

As experiências da Rede Clima e do INCT-MC2 demonstram que os maiores avanços científicos decorrem da colaboração entre diferentes áreas do conhecimento. Superar os silos disciplinares é condição indispensável para lidar com a complexidade dos desafios climáticos contemporâneos.

Formar uma nova geração de pesquisadores requer ambientes de pesquisa colaborativos, com acesso a métodos variados, inserção em redes internacionais e foco na resolução de problemas concretos. Iniciativas como o Observatório Nacional de Segurança Hídrica e Gestão Adaptativa (ONSEAdapta) sinalizam esse caminho, ao integrar engenharia, ciências naturais, economia e políticas públicas.

A construção dessa nova arquitetura interdisciplinar demanda também o fortalecimento da comunicação científica. Dados e modelos precisam ser compreensíveis, acessíveis e aplicáveis por gestores públicos, atores privados e organizações da sociedade civil. Um exemplo emblemático é o trabalho de Zatz (2025), que integra comunicação e economia ao apresentar, em formato jornalístico, indicadores da economia do mar no Brasil aliados a narrativas locais, como a da comunidade caiçara. Outro exemplo relevante é o estudo de Tafarello et al. (2025), que articula educação e economia na análise de práticas pedagógicas voltadas à gestão adaptativa da água doce e costeira. O trabalho investiga como os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 e 15 podem ser incorporados ao ensino básico, propondo estratégias didático-pedagógicas alinhadas ao Planejamento Espacial Marinho (PEM), ao Currículo Azul e a instrumentos econômicos de incentivo à conservação.

Essas experiências reforçam que a ciência econômica do clima deve ser construída em diálogo com outros saberes e setores sociais, formando uma base comum de conhecimento orientada à ação.

CONCLUSÃO: O PAPEL DA ECONOMIA NA TRANSIÇÃO CLIMÁTICA BRASILEIRA

A emergência climática é um desafio civilizatório. Para enfrentá-lo, é preciso alinhar os sistemas produtivos, institucionais e financeiros a um novo paradigma de desenvolvimento sustentável e inclusivo. A economia, como ciência social aplicada, possui instrumentos poderosos para identificar as causas, mapear os impactos e propor soluções para a crise climática, desde que mobilizada com rigor técnico, sensibilidade social e compromisso com o bem comum.

Neste capítulo, apresentamos uma síntese das principais contribuições da Rede Clima e do INCT-MC2, duas iniciativas centrais na construção de uma ciência climática brasileira robusta e orientada à ação. Mostramos como essas redes desenvolveram modelos analíticos sofisticados, capazes de antecipar impactos econômicos, avaliar políticas públicas e simular cenários climáticos; evidenciaram as desigualdades regionais e setoriais nos efeitos das mudanças climáticas sobre o Brasil; ofereceram subsídios concretos para a formulação das NDCs e para a atuação diplomática do Brasil em fóruns internacionais; promoveram a integração entre academia, governo, setor produtivo e sociedade civil; e articularam uma nova geração de pesquisadores e ferramentas, capazes de responder aos desafios emergentes com inovação e compromisso ético.

As evidências apresentadas indicam que o Brasil tem capacidade técnica, institucional e científica para liderar soluções climáticas ambiciosas. No entanto, essa capacidade precisa ser traduzida em políticas públicas consistentes, estratégias de financiamento adequadas e um pacto social que coloque a sustentabilidade ambiental no centro da agenda nacional.

A 30ª Conferência das Partes da UNFCCC (COP-30), a ser realizada em solo brasileiro, representa uma oportunidade histórica para reposicionar o país como referência global na luta contra as mudanças climáticas. A ciência econômica, ao contribuir com dados, modelos e argumentos, pode e deve ser um dos pilares dessa liderança.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE et al. Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019. 2020. Observatório do Clima. Disponível em: <http://seeg.eco.br>. Acesso em: 10/07/2025.

ANDRADE, Israel.; CARVALHO, Andrea B. Planejamento Espacial Marinho como ferramenta de gestão de política pública para a Amazônia Azul. Textos para Discussão. IPEA. Brasília, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/3dcdd7d5-9978-4b0f-8627-127b8811afa5/contente>. Acesso em: 10/07/2025.

ARAÚJO, Cláudio; FÉRES, José Gustavo. Passando a boiada: efeitos da suspensão da inspeção de exportações de produtos de madeira nativa. Radar: tecnologia, produção e comércio exterior: n. 75.: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 29 abr. 2024.

BRANCO, Danyelle; FÉRES, José. Weather shocks and labor allocation: evidence from Northeastern Brazil. Anais do 45º Encontro Nacional de Economia ANPEC. 2017. Disponível em: <https://en.anpec.org.br/previous-editions.php?r=encontro-2017>. Acesso em: 19/07/2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). “Nova NDC do Brasil representa paradigma para o desenvolvimento do país”, diz Marina na COP29. Brasília: MMA, 14 nov. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/nova-ndc-do-brasil-representa-paradigma-para-o-desenvolvimento-do-pais-diz-marina-na-cop29>.BRASIL. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: estratégias setoriais e temáticas*. Vol. II. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2016.

CARVALHO, Terciane S; SANTIAGO, Flaviane S; PEROBELL, Fernando S. Mudanças demográficas no Brasil e seus impactos sobre as emissões de gases de efeito estufa: uma análise de insumo-produto. Anais do 45º Encontro Nacional de Economia ANPEC. 2017. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2017/submissao/files_I/i11-1fc8b5b5cceac736c4b048ab2f193dca.pdf. Acesso em: 19/07/2025.

CARVALHO, Terciane Sabadini; SANTIAGO, Flaviane; PEROBELL, Fernando Salgueiro. Demographic changes and its impacts on consumption and greenhouse gas emissions in Brazil: a computable general equilibrium model approach. 2018. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/332970/files/8948.pdf>

CARVALHO, Terciane S.; SANTIAGO, Flaviane S.; PEROBELL, Fernando S. Demographic change in Brazil and its impacts on CO₂ emissions. Economic Systems Research, v. 33, n. 2, p. 197-213, 2021.

CARVALHO, Micaele M. de. Efetividade econômica, social e ambiental da precificação de carbono na economia brasileira para o alcance de metas de redução

de emissões de gases de efeito estufa. Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2022.

COI-UNESCO. 2022. Um Novo Currículo Azul – Um guia prático para formuladores de políticas, Paris (Manuais e Guias da COI, 90).

HADDAD, Eduardo A. Trade and Interdependence in Lebanon: An Interregional Input-Output Perspective. *Journal of Development and Economic Policies*, v. 16, n. 1, p. 5–45, 2014.

HADDAD, Eduardo A. et al. The economic impacts of flooding in Egyptian port cities. Policy Paper. PP02/25. Jan, 2025. Disponível em: <https://www.policycenter.ma/publications/economic-impacts-flooding-egyptian-port-cities>. Acesso em: 19/07/2025.

HADDAD, Eduardo A. et al. Assessing the economic impacts of Al-Haouz earthquake: damages and recovery strategy. 2024a.

HADDAD, Eduardo A. et al. Economic impacts of the 2023 earthquake in Morocco. 2024b.

HADDAD, Eduardo A. et al. Economic drivers of deforestation in the Brazilian Legal Amazon. *Nature Sustainability*, 1 set. 2024c.

HADDAD, Eduardo Amaral et al. (org.). A matriz de insumo-produto e a estrutura produtiva da região nordeste. Fortaleza: BNB, 2024d.

HADDAD, Eduardo et al. Impactos multisectoriais, riscos, vulnerabilidades e oportunidades. In: PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). Primeiro Relatório de Avaliação Nacional – Volume 2: Impactos, Vulnerabilidade e Adaptação. Brasília: UNESCO, 2014.

HADDAD, Eduardo A.; ARAÚJO, Inácio F. Shades of blue: the regional structure of the ocean economy in Brazil. *npj Ocean Sustainability*, v. 4, n. 1, p. 15, 23 abr. 2025.

HADDAD, Eduardo A. et al. Uneven integration: the case of Angola. 2020a. Disponível em: <www.policycenter.ma>.

HADDAD, Eduardo A. et al. Interstate input-output model for Mexico, 2013. *Análisis Económico*, n. 90, p. 7–43, 2020b.

HADDAD, Eduardo A. et al. Interregional Input-Output Matrix for Colombia, 2012. Bogotá: 2016.

HADDAD, Eduardo Amaral; BONET, Jaime; HEWINGS, Geoffrey J. D. *The Colombian Economy and Its Regional Structural Challenges: A Linkages Approach.*: Springer, 2023.

LEÓN, J. A. et al. Risk caused by the propagation of earthquake losses through the economy. *Nature Communications*, v. 13, n. 1, 1 dez. 2022.

- LUEDEMANN, Gustavo; MARENKO, José A.; KLUG Letícia B. International Agreements, Climate Change and Urban Challenges. In: BALBIM, Renato (Ed.). *The geopolitics of cities: old challenges, new issues*. Chapter: 11. Ipea, 2016
- MAGALHAES, Aline; DOMINGUES, Edson Paulo. Aumento da eficiência energética no Brasil: uma opção para uma economia de baixo carbono? *Economia Aplicada*, v. 20, n. 3, 2016, pp. 273-310.
- MARGULIS, Sergio; DUBEUX, Carolina Burle Schmidt. *Economia da mudança do clima no Brasil*. 2011.
- MOHOR, Guilherme S; MENDIONDO, Eduardo Mario. Economic indicators of hydrologic drought insurance under water demand and climate change scenarios in a Brazilian context. *Ecological Economics*, v. 140, p. 66–78, 1 out. 2017.
- MOZ-CHRISTOFOLLETTI, Maria Alice; PEREDA, Paula Carvalho. Winners and Losers: the distributional impacts of a carbon tax in Brazil. *Ecological Economics* 183 (2021) 106945.
- NETO, Habib Jorge, F; REMIGIO, Hipólito G. Legal nature and credit and tax issues of certified emission reductions. In: *Legacy of the CDM: lessons learned and impacts from the Clean Development Mechanism in Brazil as insights for new mechanisms*. FRANGETTO & LUEDEMANN, G.; VEIGA, ANA PAULA (Orgs.). Ipea. Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9534> . Acesso em 05/07/2025.
- OLIVEIRA, Jaqueline; PALIALOL, Bruno; PEREDA, Paula. Do temperature shocks affect non-agriculture wages in Brazil? Evidence from individual-level panel data. *Environment and Development Economics*, v. 26, n. 5–6, p. 450–465, 5 out. 2021.
- ROCHA, Ademir. *Climate Change, Water Resources and Economic Impacts: An Analysis of Brazilian Hydrographic Regions*. Tese de Doutorado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2022.
- RODRIGUES, Loredany C. C.; FÉRES, José Gustavo; COELHO, Alexandre Bragança. Pesticide use in Brazil: virtuous or vicious cycle? *Anais do 51º Encontro Nacional de Economia (ANPEC)*. Rio de Janeiro, 2023.
- RUGGIERO, P. G. C. et al. The Brazilian intergovernmental fiscal transfer for conservation: A successful but self-limiting incentive program. *Ecological Economics*, v. 191, 1 jan. 2022.
- SASS, Karine. Mudanças climáticas, secas e impactos econômicos: uma análise para a Região Metropolitana de São Paulo. Tese de Doutorado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2021.
- SIMÕES, Marcelo P. Avaliação do impacto sistêmico da perda de produtividade agrícola no Rio Grande do Sul via Insumo-Produto e Equilíbrio Geral Computável: Universidade de São Paulo, 2025.

- SOUZA, Bruno; HADDAD, Eduardo. Climate change in Brazil: dealing with uncertainty in agricultural productivity models and the implications for economy-wide impacts. *Spatial Economic Analysis*, v. 17, n. 1, p. 83–100, 2022.
- SOUZA, Kenia B; RIBEIRO, Luiz Carlos de S; PEROBELLI, Fernando S. Reducing Brazilian greenhouse gas emissions: scenario simulations of targets and policies. *Economic Systems Research*, 2016.
- TAFARELLO, Denise.; CARVALHO, Andrea B.; GOMES, Ana Paula A.; BENSO, Marcos Roberto.; CALIJURI, Maria do Carmo.; MEDIONDO, Mario Eduardo. Como práticas de educação ambiental climática contribuem para segurança hídrica e gestão adaptativa? *XXVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Vitória. 2025.
- TANURE, Tarik M. do P. Mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos regionais e por cultivo familiar e patronal. Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020.
- TANURE, Tarciane Marques do Prado; PORSSE, Alexandre Alves; DOMINGUES, Edson Paulo. Política industrial verde no Brasil: impactos econômicos de opções de mitigação de gases de efeito estufa – uma análise através de equilíbrio geral computável (EGC). *Anais do XXIV Encontro de Economia da Região Sul – ANPEC Sul*, 2021.
- TOZATO, Heloisa; LUEDEMANN, Gustavo; FRANGETTO, Flavia W. & MOREIRA, Carmen T.C. Abordagens metodológicas para a identificação dos gastos com mudança do clima: desafios para o Brasil. *Boletim regional, urbano e ambiental*, 21, 149-162, Julh-dez, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9683> . Acesso em: 22/07/2025.
- VIEIRA, Renato S.; HADDAD, Eduardo A. A weighted travel time index based on data from Uber Movement. *EPJ Data Science*, v. 9, n. 1, 1 dez. 2020.
- VISENTIN, Jaqueline C. et al. Insurance for adaptation to hydrological anomalies: analysis using Computable General Equilibrium Models for Brazilian hydrographic regions: INCT para Mudanças Climáticas Fase 2. Conferência de resultados. Caderno de resumos, 2025.
- ZATZ, Diana. (2025). Economia do mar. *Revista Climacon*. 2025. No prelo.
- ZHOU, Lei; CHEN, Zhenhua. Are CGE models reliable for disaster impact analyses? *Economic Systems Research*, v. 33, n. 1, p. 20–46, 2021.